Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

# „Beste verfügbare Techniken für die Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln“

**August 2007**

**mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung**

Umweltbundesamt
(German Federal Environment Agency)
**National Focal Point - IPPC**
**Wörlitzer Platz 1**
**D-06844 Dessau-Roßlau**
**Tel.: +49 (0)340 2103-0**
**Fax: + 49 (0)340 2103-2285**
**E-Mail: nfp-ippc@uba.de (Subject: NFP-IPPC)**

**Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und die 16 Bundesländer haben eine Verwaltungsvereinbarung geschlossen, um gemeinsam eine auszugsweise Übersetzung der BVT-Merkblätter ins Deutsche zu organisieren und zu finanzieren, die im Rahmen des Informationsaustausches nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) (Sevilla-Prozess) erarbeitet werden. Die Vereinbarung ist am 10.1.2003 in Kraft getreten. Von den BVT-Merkblättern sollen die für die Genehmigungsbehörden wesentlichen Kapitel übersetzt werden. Auch Österreich unterstützt dieses Übersetzungsprojekt durch finanzielle Beiträge.**

**Als Nationale Koordinierungsstelle für die BVT-Arbeiten wurde das Umweltbundesamt (UBA) mit der Organisation und fachlichen Begleitung dieser Übersetzungsarbeiten beauftragt.**

**Die Kapitel des von der Europäischen Kommission veröffentlichten BVT-Merkblattes „Best Reference Document on Surface Treatment using Organic Solvents", in denen die Besten Verfügbaren Techniken beschrieben sind, sind im Rahmen dieser Verwaltungsvereinbarung in Auftrag des Umweltbundesamtes übersetzt worden. Hierbei handelt es sich um die Abschnitte 4 ff der jeweiligen Sektorenkapitel 2 bis 19 und die Kapitel 20 und 21.**

**Die nicht übersetzen Kapitel liegen in diesem Dokument in der englischsprachigen Originalfassung vor. Diese englischsprachigen Teile des Dokumentes enthalten weitere Informationen (u.a. Emissionssituation der Branche, Technikbeschreibungen etc.), die nicht übersetzt worden sind. In Ausnahmefällen gibt es in der deutschen Übersetzung Verweise auf nicht übersetzten Textpassagen. Die deutsche Übersetzung sollte daher immer in Verbindung mit dem englischen Text verwendet werden.**

**Die „Zusammenfassung" (executive summary) basiert auf der offiziellen Übersetzungen der Europäischen Kommission in einer zwischen Deutschland, Luxemburg und Österreich abgestimmten korrigierten Fassung.**

**Die Übersetzungen der weiteren Kapitel sind ebenfalls sorgfältig erstellt und fachlich durch das Umweltbundesamt und Fachleute der Bundesländer geprüft worden. Diese deutschen Übersetzungen stellen keine rechtsverbindliche Übersetzung des englischen Originaltextes dar. Bei Zweifelsfragen muss deshalb immer auf die von der Europäischen Kommission veröffentlichte englischsprachige Version zurückgegriffen werden.**

**Besonders möchten wir darauf hinweisen, dass die Begriffe „minimise" und „minimisation" nicht ausschließlich mit Minimieren bzw. Minimierung im Sinne des deutschen Emissionsminimierungsgebotes nach TA Luft übersetzt, sondern auch die Begriffe Vermindern und Reduzieren gebraucht wurden. Die Begriffe Lösemittel und Lösungsmittel werden in diesem Dokument synonym verwendet und haben die gleiche Bedeutung.**

**Dieses Dokument ist auf der Homepage des Umweltbundesamtes unter** http://www.bvt.umweltbundesamt.de/kurzue.htm **abrufbar.**

**Durchführung der Übersetzung in die deutsche Sprache:**


| | |
|---|---|
| Gabriele Klein<br>**Gerstenkamp 1b**<br>**22081 Hamburg**<br>**Tel: +49 162 9891555**<br>**Fax.:**<br>**E-Mail: chicarubiagk@yahoo.com** | Katja Kraus<br>**Mollstrasse 7**<br>**10178 Berlin**<br>**Tel: +49 340 2103 3471**<br>**Fax: +49 340 2104 3471**<br>**E-Mail: katja.kraus@uba.de** |

Dieses Dokument ist Teil einer Serie von Merkblättern, die wie folgt vorgesehen ist (zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments waren noch nicht alle Merkblätter abgeschlossen):

| **Reference Document on Best Available Techniques . . .** | **Code** |
|---|---|
| Large Combustion Plants | LCP |
| Mineral Oil and Gas Refineries | REF |
| Production of Iron and Steel | I&S |
| Ferrous Metals Processing Industry | FMP |
| Non-ferrous Metals Industries | NFM |
| Smitheries and Foundries Industry | SF |
| Surface Treatment of Metals and Plastics | STM |
| Cement and Lime Manufacturing Industries | CL |
| Glass Manufacturing Industry | GLS |
| Ceramic Manufacturing Industry | CER |
| Large Volume Organic Chemical Industry | LVOC |
| Manufacture of Organic Fine Chemicals | OFC |
| Production of Polymers | POL |
| Chlor – Alkali Manufacturing Industry | CAK |
| Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers Industries | LVIC-AAF |
| Large Volume Inorganic Chemicals - Solid and Others industry | LVIC-S |
| Production of Speciality Inorganic Chemicals | SIC |
| Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector | CWW |
| Waste Treatments Industries | WT |
| Waste Incineration | WI |
| Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities | MTWR |
| Pulp and Paper Industry | PP |
| Textiles Industry | TXT |
| Tanning of Hides and Skins | TAN |
| Slaughterhouses and Animals By-products Industries | SA |
| Food, Drink and Milk Industries | FDM |
| Intensive Rearing of Poultry and Pigs | ILF |
| *Surface Treatment Using Organic Solvents* | *STS* |
| Industrial Cooling Systems | CV |
| Emissions from Storage | ESB |
| **Reference Document . . .** | |
| General Principles of Monitoring | MON |
| Economics and Cross-Media Effects | ECM |
| Energy Efficiency Techniques | ENE |

# ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende BVT-Merkblatt „Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösungsmitteln“ über die besten verfügbaren Techniken (engl.: Best Available Techniques Reference Document, kurz: BREF) beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates (IVU-Richtlinie). Diese Zusammenfassung enthält die wichtigsten Ergebnisse, eine Zusammenfassung der wichtigsten BVT-Schlussfolgerungen und die mit der Anwendung von BVT verbundenen Verbrauchs- und Emissionswerte. Diese Zusammenfassung ist im Zusammenhang mit dem Vorwort zu sehen, das die Zielsetzungen des Dokuments beschreibt, Hinweise zu seiner Verwendung gibt und den rechtlichen Rahmen erläutert. Die Zusammenfassung kann als Einzeldokument gelesen werden, dem Charakter einer Zusammenfassung entsprechend sind jedoch nicht alle Aspekte des gesamten BVT-Merkblattes enthalten. Im Prozess der BVT-Entscheidungsfindung ist diese Zusammenfassung daher nicht als Ersatz für den vollen Wortlaut des BVT-Merkblattes anzusehen.

**Geltungsbereich dieses Dokuments**
Der Geltungsbereich dieses Dokuments basiert auf Anhang I Abschnitt 6.7 der IVU-Richtlinie 96/61/EG: *„Anlagen zur Behandlung von Oberflächen von Stoffen, Gegenständen oder Erzeugnissen unter Verwendung von organischen Lösungsmitteln, insbesondere zum Appretieren, Bedrucken, Beschichten, Entfetten, Imprägnieren, Kleben, Lackieren, Reinigen oder Tränken, mit einer Verbrauchskapazität von mehr als 150 kg Lösungsmitteln pro Stunde oder von mehr als 200 t pro Jahr.“*

Die Industrie hat um eine Klärung der Begriffsbestimmungen von „organischen Lösungsmitteln“ und „Verbrauchskapazität“ gebeten. Zum Abschluss des Informationsaustausches wurde deutlich, dass sich der Austausch mit Informationen über organische Lösungsmittel befasst hatte, die gemäß Richtlinie 1999/13/EG des Rates über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen als „VOCs“ (engl. „Volatile Organic Compounds“, dt. „flüchtige organische Verbindungen“) bezeichnet werden. Es wurde ebenfalls deutlich, dass sich der Austausch zur Festlegung von BVT-Schlussfolgerungen auf Anlagen konzentriert hatte, deren tatsächliche Verwendung von Lösemitteln die in der IVU-Richtlinie angegebenen Schwellenwerte für Verbrauchskapazitäten überschritten (in der IVU-Richtlinie umfasste der Verbrauch die für die Tätigkeit auch in einer Abgasbehandlungsanlage zurückgewonnenen Lösemittel). Die Auslegung dieser Kapazitätsschwellenwerte wird im Zusammenhang mit den von der GD Umwelt durchgeführten Arbeiten diskutiert, um Leitlinien zur Auslegung bestimmter Vorschriften der Richtlinie zu entwickeln.

In diesem Dokument geht es um:

- drei Druckverfahren, bei denen im großen Rahmen Lösungsmittel eingesetzt werden (Heatset-Offsetdruck, Bedrucken von flexiblen Verpackungen (Verpackungsdruck) und Illustrationstiefdruck)
- das Beschichten und/oder Lackieren von Wickeldraht, Privat- und Nutzfahrzeugen, Bussen, Zügen, landwirtschaftlichen Geräten, Schiffen und Yachten, Flugzeugen, Stahl- und Aluminiumbändern, Metallverpackungen, Möbeln und Holz sowie anderen Metall- und Kunststoffoberflächen
- das Auftragen von Klebstoffen bei der Herstellung von Schleifmitteln und Klebebändern
- das Imprägnieren von Holz mit Konservierungsstoffen
- das mit diesen Tätigkeiten verbundene Reinigen und Entfetten. Es wurde keine separate Entfettungsbranche identifiziert.

Dieses Dokument umfasst die Verwendung von wasserbasierten Beschichtungen als Alternative zu lösungsmittelbasierten Beschichtungen (z. B. E-Coat[1], Elektrophoreselack). Dagegen werden wässrige Oberflächenbehandlungsverfahren im BVT-Merkblatt „Oberflächenbehandlung von Metallen“ (STM) erläutert.

[1] Anm: der Übersetzerin: E-Coat = mit Elektrophorese beschichtete Fläche

Die nachfolgenden Tätigkeiten wurden in diesem Dokument nicht berücksichtigt:

- andere Prozesse zum Appretieren, Imprägnieren, Faserschlichten oder Tränken, die in den Geltungsbereich der BVT-Merkblätter zur Textil- und Lederindustrie fallen.
- die Herstellung von Laminatbrettern, Spanplatten usw., da diese auf der Verwendung von wasserbasierten Harzen beruht.
- Lösemittel anwendende Industriebranchen (oder Teile von diesen) oder Tätigkeiten, von denen allgemein bekannt ist, dass sie die Schwellenwerte nicht überschreiten.
- die Herstellung von Farben und Lacken, Druckfarben, Klebstoffen usw., die nicht in den Geltungsbereich fällt.

Alle in diesem Dokument behandelten Industriebranchen unterliegen ebenfalls den Regelungen der Richtlinie 1999/13/EG des Rates über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (EG-Lösemittelrichtlinie). In den Fällen, in denen in der EG-Lösemittelrichtlinie Emissionsgrenzwerte beschrieben werden, gelten diese gemäß IVU-Richtlinie (Artikel 18 Abschnitt 2) als Mindestgrenzwerte. Sie werden nicht als mit BVT verbundene Emissionswerte verwendet.

**Allgemeine Informationen**
Dies ist kein homogener Sektor und umfasst mehrere Industriebranchen und unterschiedliche Anlagengrößen in kleinen und mittleren Unternehmen bis hin zu multinationalen Konzernen. Jährlich werden ungefähr 4,5 Millionen Tonnen Lösemittel für die Verwendung innerhalb Europas verkauft, von denen 27 % (2003) in den Lackier- und Beschichtungsbranchen eingesetzt werden, gegenüber 1998 eine 47 %-ige Abnahme aufgrund einer vermehrten Verwendung von wasser- und pulverbasierten sowie anderen lösemittelarmen Technologien. Zur Herstellung von Druckfarben werden ungefähr 7 % der Lösemittel, zur Herstellung von Klebstoffen ungefähr 4 % der Lösemittel verwendet (diese Zahlen umfassen auch signifikante Nicht-IVU-Verwendungen).

**Die wichtigsten Umweltbelastungen**
Die wichtigsten Umweltbelastungen sind die Emissionen von Lösungsmitteln in die Luft, in das Wasser und Grundwasser sowie in den Boden. Weitere wichtige Aspekte sind Energiebedarf, Emission von Partikeln in die Luft, Abfallreduzierung und -management (einschließlich der Verringerung des Rohstoffverbrauchs durch Erhöhen des Auftragswirkungsgrades) sowie Anlagenstilllegung.

**Struktur des Dokuments**
Die Kapitel 2 bis 19 befassen sich jeweils mit einer Branche des Sektors und bestehen aus den folgenden vier Abschnitten:

| | |
|---|---|
| Abschnitt 1: | Allgemeine Informationen zur betreffenden Branche oder Tätigkeit |
| Abschnitt 2: | Beschreibung der industriellen Prozesse, die innerhalb dieser Branche oder Tätigkeit eingesetzt werden |
| Abschnitt 3: | Daten und Informationen über Stromverbrauch und Emissionswerte |
| Abschnitt 4: | Techniken zur Festlegung von BVT gemäß der Beschreibung in Kapitel 20, jedoch mit Schwerpunkt auf die für die betreffende Branche oder Tätigkeit typischen Techniken oder Informationen. |

Kapitel 20 enthält eine detaillierte Beschreibung der allgemeinen Techniken zur Verringerung von Verbrauch und Emissionen sowie weiterer Techniken, die wichtig für die Festlegung von BVT und auf BVT basierenden Genehmigungsbedingungen sind und für mehr als eine der betroffenen Branchen oder Tätigkeit von Bedeutung sind.

**Verbrauch und Emissionen**
Die besten Daten beziehen sich auf den Produktionsdurchsatz und basieren auf Produktionsparametern, z. B. der behandelten Oberfläche ($m^2$) oder den in den Prozess eingebrachten

Feststoffen. Die meisten Daten gelten für spezielle Anlagen oder Bereiche von Branchen. In den meisten Fällen beruhen die Emissionswerte auf einer Auswahl von BVT, die in jeder Branche ermittelt wurden, und basieren auf geeigneten Produktionsparametern.

**Beste verfügbare Techniken**
Im BVT-Kapitel (Kapitel 21) sind diejenigen Techniken aufgeführt, die – hauptsächlich auf Grundlage der Informationen in Kapitel 20 sowie in den einzelnen Kapiteln zu speziellen Branchen – auf europäischer Ebene als beste verfügbare Techniken (BVT) gelten. Berücksichtigt werden dabei auch die Begriffsbestimmung von „beste verfügbare Techniken" in Artikel 2 Absatz 11 sowie die in Anhang IV der IVU-Richtlinie aufgeführten Anforderungen. Im BVT-Kapitel werden keine Emissionsgrenzwerte festgelegt oder vorgeschlagen, sondern ausschließlich Verbrauchs- und Emissionswerte empfohlen, die in der Regel mit der Verwendung einer Kombination von BVT zusammenhängen.

Für wasserbasierte Oberflächenbehandlungen (gemäß der Begriffsbestimmung in der IVU-Richtlinie, Anhang 2.6), die im Zusammenhang mit lösemittelbasierten Prozessen betrieben werden, sind die einschlägigen BVT für wasserbasierte Behandlungen im BVT-Merkblatt „Oberflächenbehandlung von Metallen" aufgeführt. Zusätzliche Techniken und weiterführende Informationen sind insbesondere im BVT-Merkblatt „Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie", im BVT-Merkblatt „Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter" und im BVT-Merkblatt „Allgemeine Überwachungsgrundsätze (Monitoring)" sowie in anderen BVT-Merkblättern aufgeführt. Diese Techniken wurden jedoch für die in diesem Dokument genannten Industrien nicht validiert.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten BVT-Schlussfolgerungen bezüglich der wichtigsten Umweltbelastungen zusammengefasst. Hinsichtlich ihrer Größe und der Bandbreite ihrer Tätigkeiten ist der Sektor zwar sehr komplex, dennoch können für alle Bereiche und Aspekte die gleichen allgemeinen BVT gelten. Es werden weitere BVT aufgeführt, die für die spezifischen Prozesse gelten. Die BVT-Parameter für eine bestimmte Anlage umfassen eine Auswahl der im Hinblick auf die Tätigkeit beschriebenen BVT, wobei die in Anhang IV der IVU-Richtlinie aufgeführten Überlegungen berücksichtigt werden.

**Allgemeine BVT**
*Konstruktion, Aufbau und Betrieb von Anlagen:* Als beste verfügbare Technik gilt das Verringern von Verbrauch und Emissionen (insbesondere in den Boden, in das Wasser und Grundwasser sowie in die Luft) durch

- das Einführen und Einsetzen von Umweltmanagementsystemen und anderen Managementsystemen, unabhängig davon, ob diese extern validiert wurden oder nicht. Dies schließt auch die Planung der laufenden Verringerung der Einflüsse der Anlage (einschließlich Aktivitäten und Investitionen) auf die Umwelt, das Benchmarking von Verbrauch und Emissionen (über die Zeit und abhängig von internen und externen Daten) und Überlegungen zur endgültigen Stilllegung bei der Konstruktion neuer Anlagen oder der Nachrüstung von Anlagen usw. ein
- das Verwenden von einfachem Risikomanagement für die Konstruktion, den Aufbau und den Betrieb einer Anlage in Verbindung mit in diesem Dokument und den im BVT-Merkblatt „Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter" beschriebenen Techniken zum Lagern und Verwenden von Prozesschemikalien und Rohstoffen. Diese BVT erleichtern die Stilllegung von Anlagen, indem sie ungeplante Emissionen verringern und eine Aufzeichnung der Einsatzhistorie von prioritären und gefährlichen Chemikalien sowie eine umgehende Reaktion auf potenzielle Kontaminationen vorsehen
- das Verwenden von Betriebstechniken/Arbeitsmethoden wie Automatisierung, Schulung und schriftlichen Ablaufplänen für Betrieb und Instandhaltung.

*Überwachung (Monitoring):* Als beste verfügbare Technik gilt das Überwachen von Lösemittelemissionen, um diese vermindern zu können, und zwar durch:

- die Anwendung einer Lösemittelbilanzierung, die grundlegend für die Berechnung der diffusen Emissionen und der Gesamtemissionen ist. Diese Berechnungen sollten regelmäßig

erfolgen, obwohl für das Benchmarking und die regelmäßige Kontrolle auch Schlüsselparameter festgelegt werden können. In Übereinstimmung mit den genannten Techniken sollten direkte Messungen erfolgen
- Sicherstellen, dass Geräte, die wichtig für die Berechnung von Emissionen sind, regelmäßig gewartet und gegebenenfalls neu kalibriert werden.

*Senken des Wasserverbrauchs und/oder Einsparen von Rohstoffen in wässrigen Behandlungsprozessen.* Als BVT gelten:
- das Verwenden von Techniken, wie stufenweises (mehrfaches) Spülen, Ionenaustausch oder Membranabscheidung
- das Durchführen von Kontrollmessungen zur Verringerung des Kühlwasserverbrauchs
- das Einsetzen von geschlossenen Kühlsystemen und/oder Wärmetauschern.

*Vermindern des Energiebedarfs:* Als beste verfügbare Technik gilt: das Anwenden der beschriebenen Techniken, insbesondere das Vermindern der Luftvolumenströme und der Blindenergieverluste, das Steuern des hohen Energiebedarfs beim Anfahren der Anlage, die Verwendung von Anlagen mit hoher Energieeffizienz usw.

*Rohstoffmanagement:* Als BVT gelten:
- die Verminderung der Umweltauswirkungen von Emissionen durch Auswahl geeigneter Rohstoffe
- die Verminderung des Rohstoffverbrauchs durch Verwenden einer Technik oder einer Kombination von mehreren der beschriebenen Techniken.

*Prozesstechniken zur Oberflächenbehandlung, zum Auftragen und zum Trocknen/Härten.* Als BVT gelten die Verminderung der VOC-Emissionen und des Energiebedarfs sowie die Erhöhung des Nutzungsgrades der Rohstoffe (d. h. die Minimierung des Abfalls) durch Auswählen von Maßnahmen, die diese Ziele miteinander verbinden. Dies gilt für neue Anlagen oder für das Nachrüsten bestehender Anlagen.

*Reinigen.* Beste verfügbare Technik ist es, die beschriebenen Maßnahmen zu verwenden:
- Schonen von Rohstoffen und Minderung der Lösemittelemissionen durch Verminderung von Farbwechseln und Reinigungsvorgängen
- Mindern der Lösemittelemissionen durch Sammeln und Wiederverwenden von Spüllösemitteln zur Reinigung von Spritzpistolen
- Vermindern der VOC-Emissionen durch Auswählen einer oder mehrerer geeigneter Techniken in Abhängigkeit vom jeweiligen Prozess und der jeweiligen Ausrüstung, von der Hartnäckigkeit der Verschmutzung und davon, ob die Anlagenteile oder das Substrat gereinigt werden sollen.

*Verringern der Verwendung gefährlicher Stoffe (Substitution):* Als BVT gelten:
- Verwenden von lösemittelfreien oder lösemittelarmen Techniken zum Reinigen, wie allgemein und wie für die Branchen im Besonderen beschrieben,
- das Vermindern schädlicher physiologischer Auswirkungen durch Substitution der gefährlichen Substanzen mit den Gefahrenhinweisen (R-Sätzen) R45, R46, R49, R60 und R61 gemäß Artikel 5 Absatz 6 der Richtlinie 1999/13/EG des Rates
- das Vermindern schädlicher ökotoxischer Auswirkungen durch Substitution der gefährlichen Substanzen mit den Gefahrenhinweisen R58 und R50/53 in den Fällen, in denen das Risiko einer Freisetzung in die Umwelt besteht und eine Alternative vorhanden ist
- das Verringern der Zerstörung der Ozonschicht der Stratosphäre (obere Schicht der Erdatmosphäre) durch Substitution der gefährlichen Stoffe mit dem R-Satz R59. Insbesondere sollten alle für das Reinigen eingesetzten halogenierten oder teilhalogenierten Lösemittel mit dem R-Satz R59 ersetzt oder kontrolliert werden
- das Vermindern der Bildung von Ozon in der Troposphäre (untere Schicht der Erdatmosphäre), indem VOCs oder Mischungen mit einem niedrigeren Ozonbildungspotenzial (OFP) in den Fällen verwendet werden, in denen andere Maßnahmen nicht

ausreichen, um die mit BVT verbundenen Emissionswerte zu erreichen oder in denen derartige Maßnahmen technisch nicht machbar sind (z. B. bei unerwünschten medienübergreifenden Effekten) sowie bei der oben beschriebenen Substitution. Dies gilt jedoch nicht für komplexe Zubereitungen und Mischungen wie Autolacke und spezielle Systeme mit Monolösemittel, für die es noch keinen Ersatz gibt, wie z. B. beim Illustrationstiefdruck.

Eine Substitution durch Lösemittel mit einem Flammpunkt >55ºC kann vorgenommen werden, wenn das OFP sich nicht erhöht.

*Emissionen in die Luft und Abgasbehandlung:* Als BVT gelten (bei der Konstruktion/ Auslegung, dem Betrieb und der Instandhaltung der Anlage)

- das Vermindern der Emissionen an der Quelle, das Rückgewinnen von Lösemitteln aus Emissionen oder das Beseitigen von Lösemitteln in Abgasen. Die Emissionswerte sind für die einzelnen Industriebranchen angegeben. (Die Verwendung von lösemittelarmen Einsatzstoffen kann bei der thermischen Nachverbrennung zu einem sehr hohen Energiebedarf führen. In den Fällen, in denen die negativen medienübergreifenden Auswirkungen die Vorteile der Verminderung der VOCs überwiegen, können Nachverbrennungsanlagen außer Betrieb gesetzt werden)
- das Suchen nach Möglichkeiten zur Rückgewinnung und Nutzung der bei der Beseitigung von VOCs entstehenden überschüssigen Wärme und das Vermindern der für die Erfassung und Beseitigung von VOCs erforderlichen Energie
- das Verringern von Lösemittelemissionen und des Energiebedarfs durch Verwenden der beschriebenen Techniken, einschließlich der Verminderung der erfassten Volumenströme und des Optimierens und/oder Aufkonzentrierens des Lösemittelgehalts.

*Partikelemissionen bei der Spritzapplikation von Lack.* Als beste verfügbare Technik gilt das Verwenden einer Kombination der beschriebenen Techniken. Die mit BVT verbundenen Emissionswerte sind:

- 5 mg/m$^3$ oder weniger bei bestehenden Anlagen
- 3 mg/m$^3$ oder weniger bei neuen Anlagen.

Vertreter der Branche für die Beschichtung von Holz und Möbeln vertraten eine gegenteilige Auffassung (split view): Danach beträgt der mit BVT verbundene Emissionswert 10 mg/m$^3$ oder weniger für neue und bestehende Anlagen. Die Begründung lautet, dass dieser Wert in der Branche ökonomisch und technisch machbar ist.

*Abwasser.* Als BVT gelten:

- das Vermindern von Emissionen in das Wasser durch das Verwenden der beschriebenen Techniken zur Wasserminimierung, Abwasservorbehandlung und Abwasserbehandlung
- das Überwachen von Rohstoffen und Abwasser, um den Eintrag von aquatischen toxischen Stoffen zu minimieren und in den Fällen, in denen das Risiko eines Kontakts mit dem Wasser besteht, das Verringern der Auswirkungen durch eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen: Verwendung von weniger schädlichen Stoffen, Verringerung des Materialverbrauchs und der Materialverluste während der Behandlungsprozesse, der Umfüllvorgänge sowie der Behandlung von Abwasser
- das Verhindern gefährlicher Konzentrationen in der Luft der aufnehmenden Abwasserleitungen durch Einhaltung einer sicheren Einleitungskonzentration in den Fällen, in denen Lösemittel in Kontakt mit Wasser kommen könnten
- der Einsatz der beschriebenen Techniken in Lackieranlagen, die mit Wasser arbeiten. Die mit BVT verbundenen Emissionswerte für die Einleitung in Oberflächenwasser liegen für den CSB bei 100 bis 500 mg/l, für Schwebstoffe bei 5 bis 30 mg/l
- das Verringern des Wasserverbrauchs und der Abwassermengen sowie deren Behandlung durch Optimieren des Lackauftrags und Minimierung der Entstehung von Lackschlamm bei Nasswäschern.

Techniken zur biologischen Abwasserbehandlung sind im BVT-Merkblatt „Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie“ aufgeführt. Weitere Techniken und damit verbundene Emissionswerte werden im BVT-Merkblatt „Oberflächenbehandlung von Metallen“ erläutert.

*Materialrückgewinnung und Abfallmanagement.* Als BVT gelten, wie beschrieben, das Verringern des Materialverbrauchs und der Materialverluste sowie das Rückgewinnen, Wiederverwenden und Wiederaufbereiten von Materialien.

*Geruchsbelästigung:* Als BVT gelten in den Fällen, in denen ein empfindlicher Rezeptor betroffen ist, das Verwenden einer Technik zur Einschränkung von VOC-Emissionen, z. B. das Verwenden weniger geruchsintensiver Materialien und/oder Prozesse und/oder die Behandlung von Abgas einschließlich hoher Schornsteine.

*Lärm:* Als BVT gelten das Feststellen der wichtigsten Lärmquellen sowie aller in deren Nähe befindlichen potenziell empfindlichen Rezeptoren. In den Fällen, in denen der Lärm Auswirkungen haben könnte, gelten als BVT das Anwenden bewährter Verfahren wie des Schließens von Laderaumtoren, des Minimierens von Liefervorgängen und/oder des Einsetzens von technischen Maßnahmen wie Schalldämpfern an großen Ventilatoren.

*Grundwasserschutz und Stilllegung von Standorten:* Die BVT für diese Punkte sind in den vorstehend genannten BVT für Konstruktion, Aufbau und Betrieb von Anlagen aufgeführt.

**Branchenspezifische BVT**

*Heatset-Offsetdruck.* Als BVT gelten das Verwenden einer Kombination von Techniken für das Bedrucken, Reinigen und Abgasmanagement sowie aller allgemeinen BVT zum Verringern der Gesamtmenge diffuser Emissionen und nach der Abgasbehandlung verbleibender VOCs. Die mit BVT verbundenen Emissionswerte für Isopropylalkohol (IPA) und Reinigungslösemittel insgesamt lauten:

- bei neuen oder nachgerüsteten Druckanlagen 2,5 bis 10 % VOC, angegeben in Gew.-% des Druckfarbenverbrauchs.
- bei bestehenden Druckanlagen 5 bis 15 % VOC, angegeben in Gew.-% des Druckfarbenverbrauchs.

Bitte beachten, dass die obere Hälfte der Emissionsbereiche mit den IPA-Emissionen sich auf „schwierige“ Druckaufträge (wie in Kap. 21.1.1 beschrieben) bezieht. Aufgrund von Geruchsproblemen können keine Aufkonzentrierungstechniken eingesetzt werden.

*Flexo- und Verpackungstiefdruck.* Als beste verfügbare Technik gilt:

- das Verwenden einer Kombination der beschriebenen Techniken zum Verringern der Gesamtmenge der diffusen und nicht-diffusen VOC-Emissionen. Die die mit BVT verbundenen Emissionswerte für die drei in der Druckbranche vorkommenden Szenarien lauten (unter Anwendung der in Anhang II B der EG-Lösemittelrichtlinie angeführten Referenzemission):

(Szenario 1) Anlagen, bei denen alle Produktionslinien lösemittelbasiert arbeiten und an eine Abgasbehandlungsanlage angeschlossen sind:

- mit Verbrennung: Gesamtemissionen 7,5 bis 12,5 % der Referenzemission.
- mit Lösungsmittelrückgewinnung: Gesamtemissionen 10,0 bis 15,0 % der Referenz-emission.

(Szenario 2) Bestehende Anlagen, die über eine Abgasbehandlungsanlage verfügen, an die jedoch nicht alle Produktionslinien angeschlossen sind, die mit Lösemitteln arbeiten:

(2.1) Für die Maschinen, die an die Abgasbehandlungsanlage angeschlossen sind:

- mit Verbrennung: Gesamtemissionen 7,5 bis 12,5 % der Referenzemission, bezogen auf diese Maschinen.
- mit Lösemittelrückgewinnung: Gesamtemissionen 10,0 bis 15,0 % der Referenz-emission, bezogen auf diese Maschinen.

(2.2) Für die Maschinen, die nicht an die Abgasbehandlung angeschlossen sind, ist BVT eine der folgenden Maßnahmen:

- das Verwenden von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Einsatzstoffen auf diesen Maschinen

- das Anschließen an eine Anlage zur Minderung von Abgasemissionen, sofern ausreichend Kapazität vorhanden ist
- das bevorzugte Ausführen von Arbeiten mit hohem Lösemitteleinsatz an Maschinen, die an eine Abgasbehandlungsanlage angeschlossen sind.

(Szenario 3) In den Fällen, in denen Anlagen nicht über eine Abgasbehandlungsanlage verfügen und eine Substitution durchgeführt wurde, gelten als BVT das Verfolgen der Entwicklung lösemittelarmer und lösemittelfreier Druckfarben, Lacke und Klebstoffe und das kontinuierliche Verringern der eingesetzten Lösemittelmenge.

Bei den Szenarien 1 und 2.1, bei denen das Feststoff-Lösemittel-Verhältnis für die Gesamtmenge lösemittelbasierter Druckfarben, Lacke und Klebstoffe größer als 1:5,5 ist, können die Emissionswerte unter Umständen nicht erreicht werden. In diesem Fall gelten als BVT die (verbesserte) Kapselung der Farbwerke und Farbbehälter oder das Verwenden von Kammerrakeln sowie das Anwenden einer geeigneten Kombination von weiteren der beschriebenen Techniken.

Als BVT gelten ebenfalls:
- das Vermindern des Energiebedarfs bei der Optimierung der Abgasbehandlung an allen Standorten
- das Suchen nach Möglichkeiten zur Rückgewinnung und Nutzung überschüssiger Energie an allen Standorten.

*Illustrationstiefdruck.* Als BVT gelten:
- das Vermindern der Gesamtmenge der diffusen Emissionen und der nach der Abgasbehandlung verbleibenden VOCs, angegeben als Prozentsatz der Gesamtmenge der eingesetzten Lösemittel:
  - bei neuen Anlagen auf 4 bis 5 % mithilfe von Techniken, die bei neuen Anlagen anwendbar sind
  - bei bestehenden Anlagen auf 5 bis 7 % mithilfe von Techniken, die in bestehenden Anlagen anwendbar sind
- das Vermeiden eines zu hohen Energiebedarfs durch Verwenden der optimalen Anzahl von Regenerationsstufen, die erforderlich sind, um die Emissionen innerhalb der angegebenen Emissionswerte zu halten
- das Vermindern von Toluol-Emissionen in das kommunale Abwassersystem auf unter 10 mg/l durch Luftstrippen.

*Herstellen von Wickeldraht.* Als BVT gelten:
- das Vermindern des Energiebedarfs nach dem Trocknen des Drahtes durch Kühlung mittels Raum- und/oder Außenluft
- das Vermindern der VOC-Gesamtemissionen durch eine Kombination der beschriebenen Techniken und der allgemeinen BVT. Die mit diesen Techniken verbundenen Gesamtemissionswerte liegen bei:
  - 5 g/kg oder weniger für Draht mit einem Durchmesser >0,1 mm.
  - 10 g/kg oder weniger für Feindraht mit einem Durchmesser zwischen 0,01 und 0,1 mm.
- das weitere Vermindern von VOC-Emissionen durch Suchen nach und Umsetzen von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Techniken anstelle des Einsatzes von lösemittelbasierten Gleitmitteln.

*Herstellen von Schleifmitteln.* Als BVT gelten:
- das Verringern der VOC-Gesamtemissionen durch eine oder mehrere der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT:
  - Verwenden von lösemittelfreien oder lösemittelarmen Bindematerialien. Dies kann erfolgen, wenn während des Herstellungsprozesses keine Wasserkühlung erforderlich ist, z. B. bei der Herstellung von Trockenschleifmitteln
  - Erhöhen der Lösemittelkonzentration in den Trocknern
  - Verwenden einer geeigneten Kombination von Techniken zur Abgasbehandlung.

Die VOC-Gesamtemissionswerte dieser Techniken liegen bei 9 bis 14 Gew.-% der eingesetzten Lösemittelmenge.

*Herstellen von Klebebändern.* Als BVT gelten:

- das Reduzieren der VOC-Emissionen durch Verwenden einer Kombination von Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT zur Herstellung von Klebebändern mit lösemittelbasierten Klebstoffen, einschließlich:
  - Verwenden von lösemittelfreien Klebstoffen, wo dies möglich ist. Bei Verwendung von wasserbasierten Klebstoffen und Hotmelt-Klebstoffen sind nur geringe Mengen Lösemittel erforderlich (z. B. zum Reinigen). Diese Klebstoffe können jedoch nur für bestimmte Anwendungen eingesetzt werden.
  - Verwenden einer der folgenden Abgasbehandlungsverfahren oder einer Kombination dieser Verfahren: a+b, a+c, b oder c, wobei:
    a) Kondensation nach einem Vortrocknungsschritt in einem Inertgastrockner ist.
    b) Adsorption mit einer Rückgewinnungseffizienz von mehr als 90 % der eingesetzten Lösungsmittelmenge sowie direkte Emissionen von weniger als 1 % nach dieser Abgasbehandlung ist.
    c) Verwenden von Nachverbrennungsanlagen mit Energierückgewinnung ist.

Die Emissionswerte dieser Verfahren liegen bei 5 Gew.-% oder weniger der Gesamtmenge der eingesetzten Lösungsmittel.

*Automobilserienlackierung.* Als BVT gelten:

- das Vermindern des Energiebedarfs bei der Wahl und Ausführung der Lackierung, der Trocknung/Härtung sowie mit diesen Prozessschritten zusammenhängenden Maßnahmen zur Abgasbehandlung
- das Vermindern von Lösemittelemissionen sowie des Energiebedarfs und Rohstoffverbrauchs durch Auswählen eines der beschriebenen Lackier- und Trocknungssystems. Es ist das gesamte Beschichtungssystem zu betrachten, da einzelne Prozessschritte unter Umständen untereinander inkompatibel sein können. Die mit BVT verbundenen Emissionswerte liegen bei 10 bis 35 g/m$^2$ (E-Coat-Fläche) (entsprechend 0,3 kg/Karosse + 8 g/m$^2$ bis 1,0 kg/Karosse + 26 g/m$^2$). In zwei nichtübertragbaren Fällen wurden niedrigere Werte erzielt und berichtet.
- das Erstellen und Umsetzen von Plänen für bestehende Anlagen zur Verminderung von Verbrauch und Emissionen unter Berücksichtigung der medienübergreifenden Effekte, des Kosten-Nutzen-Verhältnisses, höherer Kapitalkosten sowie langer Amortisationszeiträume, um die vorstehend genannten Emissionswerte zu erreichen. Es sei darauf hingewiesen, dass deutliche Verbesserungen kostenintensive Maßnahmen erfordern würden. Es könnte daher kostengünstiger und umweltfreundlicher sein, diese längerfristigen Maßnahmen abzuwarten, anstatt kleinere kurzfristige Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen, welche abhängig vom Zeitraum nicht jene erheblichen Verbesserungen der langfristigen Maßnahmen erzielen würden.
- das Konzentrieren der VOCs durch eine der beschriebenen Vorbehandlungstechniken in den Fällen, in denen eine Spritzkabinen-Abgasbehandlung eingesetzt wird
- das Optimieren des Auftragswirkungsgrades durch Verwenden einer oder mehrerer der beschriebenen Techniken
- das Vermindern von Rohstoffverbrauch und Abfallmenge durch Erhöhung des Auftragswirkungsgrades der Beschichtungsstoffe
- das Vermindern der produzierten Abfallmenge durch Entwässern des Lackschlamms, Wiederaufbereiten des Lackschlamms oder Verwenden der Wasseremulsionstechnik.

*Beschichten von Lastkraftwagen und Nutzfahrzeugen:* Als BVT gelten

- das Vermindern von Lösemittelemissionen sowie des Energie- und Rohstoffverbrauchs durch Verwenden einer Kombination von Lackier- und Trocknungsverfahren in Verbindung mit Abgasbehandlungsverfahren. Insbesondere das Verwenden von lösemittelfreien Polyurethanmaterialien, die zur Schalldämmung mittels Airless-Spritzen aufgetragen werden, sowie von Bodenbelägen und vorbeschichteten Materialien. Die mit BVT verbundenen Gesamtemissionswerte liegen bei 10 bis 55 g/m$^2$ für neue Lkw-Kabinen und

15 bis 50 g/m² für neue Lieferwagen und Lkw (E-Coat-Fläche). Verwenden einer Kombination von Techniken zur Verringerung von Lösemittelemissionen während der Reinigung. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen bei weniger als 20 g/m² (E-Coat-Fläche)

- das Vermindern von Rohstoffverbrauch und Abfallmenge durch Maximieren des Auftragswirkungsgrades der Beschichtungsstoffe
- das Vermindern der produzierten Abfallmenge durch Entwässern des Lackschlamms, Wiederaufbereiten des Lackschlamms oder Verwenden der Wasseremulsionstechnik.

*Beschichten von Bussen.* Als BVT gelten:

- das Vermindern von Lösemittelemissionen sowie des Energie- und Rohstoffverbrauchs durch Verwenden einer Kombination von Lackier- und Trocknungsverfahren in Verbindung mit Abgasbehandlungsverfahren. Insbesondere das Verwenden von lösemittelfreien Polyurethanmaterialien, die zur Schalldämmung mittels Airless-Spritzen aufgetragen werden, sowie Bodenbeläge und vorbeschichtete Materialien. Die mit BVT verbundenen Gesamtemissionswerte liegen bei 92 bis 150 g/m² (E-Coat-Fläche)
- das Verwenden einer Kombination von Techniken zur Verringerung von Lösemittel-emissionen während der Reinigung. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen bei weniger als 20 g/m² (E-Coat-Fläche)
- das Vermindern von Rohstoffverbrauch und Abfallmenge durch Erhöhung des Auftragswirkungsgrades der Beschichtungsstoffe
- das Vermindern der produzierten Abfallmenge durch Entwässerung des Lackschlamms, Wiederaufbereitung des Lackschlamms oder Verwenden der Wasseremulsionstechnik.

*Beschichten von Schienenfahrzeugen.* Als BVT gelten:

- das Verringern von VOC-Emissionen durch Verwenden einer Kombination von Techniken einschließlich der allgemeinen BVT. Die mit BVT verbundenen Emissionswerte liegen bei 70 bis 110 g VOC/m² des lackierten Bereichs (ohne E-Coat-Fäche)
- das Verwenden einer Kombination von Techniken zur Verringerung der Emission von Partikeln in die Luft. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen bei 3 mg/m³ oder weniger.

*Beschichten von landwirtschaftlichen Maschinen und Baumaschinen.* Als BVT gelten:

- das Verringern von Lösemittelverbrauch und -emissionen, die Erhöhung des Auftrags-wirkungsgrades sowie das Vermindern des Energiebedarfs durch Verwenden einer Kombination von Lackier-, Trocknungs- und Abgasbehandlungstechniken. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen entweder
  - zwischen 20 und 50 mg C/m³ im Abgas und 10 bis 20 % bei den diffusen Emissionen oder
  - die Gesamtemissionen liegen zwischen 0,2 und 0,33 kg VOC/kg Festkörpereinsatz
- das Verringern des Materialverbrauchs, der Lösemittelemissionen und der zu behandelnden Luftmenge durch Verwenden von Tauchverfahren zum Beschichten von Bauteilen vor der Montage
- Substitution von Lacken, die halogenierte Lösemittel enthalten, durch andere Lacksysteme.

*Beschichten von Schiffen und Yachten.* Als BVT gelten:

- das Vermindern von Emissionen in die Umwelt durch Einbeziehen der in diesem Abschnitt genannten BVT in die Arbeitsanweisungen für die Trockendockanlage
- das Verringern der Lösemittelemissionen durch Verwenden einer Kombination von allgemeinen BVT mit einigen oder allen der folgenden Techniken:
  - Verwenden von wasserbasierten Lacken mit hohem Feststoffanteil oder 2-Komponenten-Lacken, wo dies abhängig vom Kunden und/oder den technischen Anforderungen möglich ist
  - Verringern von Overspray und Erhöhen des Auftragswirkungsgrades durch Verwenden einer Kombination von Techniken
  - Bei Schiffsneubauten Beschichtung der Schiffsteile vor der Montage in geschlossenen Bereichen mit Abgasabsaugung und -behandlung.

- das Verringern von Partikelemissionen durch die Anwendung einer oder einer Kombination von mehreren Techniken
- das Verringern der Abwasserverschmutzung durch Entfernen von Farb- und Lackrückständen, Abfällen und Behältern, gebrauchten Schleifmitteln, Schlamm, Ölresten sowie allen anderen Abfällen vom Dock vor dem Fluten und Lagerung dieser Stoffe in Behältern für ein ordnungsgemäße Behandlung, z. B. Wiederverwendung und/oder Entsorgung

*Beschichten von Flugzeugen.* Als BVT gelten:

- das Vermindern von Cr(VI)-Emissionen in das Wasser durch Verwenden alternativer Passivierungssysteme
- das Verringern von Lösemittelemissionen in die Luft durch
  - Verwenden von Lacken mit hohem Feststoffanteil.
  - Erfassen und Behandeln von Abgasen, die während des Lackauftrags auf die Bauteile entstehen
- Verringern von Emissionen während des Reinigens durch eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen:
  - Automatisierung der Reinigungsanlage
  - Genaues Abmessen der für das Reinigen verwendeten Lösemittelmenge
  - Verwenden von vorgetränkten Tüchern
- das Verringern von Partikelemissionen in die Luft durch Verwenden der beschriebenen Techniken. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen bei 1 mg/m$^3$ oder weniger

*Beschichten von anderen Metalloberflächen.* Als BVT gelten:

- das Verringern von Lösemittelverbrauch und -emissionen, das Erhöhen des Auftragswirkungsgrades sowie das Vermindern des Energiebedarfs durch Verwenden einer Kombination von Lackier-, Trocknungs- und Abgasbehandlungsverfahren. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen zwischen 0,1 und 0,33 kg VOC/kg Festkörpereinsatz. Dies gilt jedoch nicht für Anlagen, deren Emissionen in die Emissionsbilanzierung der Fahrzeugserienlackierung einbezogen werden
- das Verringern des Materialverbrauchs durch Verwenden von Techniken mit hohem Auftragswirkungsgrad
- das Verwenden von anderen Lacksystemen, um Lacke auf Basis halogenierter Lösemittel zu substituieren.

*Coil coating (Bandblechbeschichtung).* Als BVT gelten:

- das Verringern des Energiebedarfs durch Verwenden ausgewählter Techniken. Die damit verbundenen Verbrauchswerte sind:

| Energiebedarf pro 1000 m$^2$ Substrat | Minimum | Maximum |
|---|---|---|
| Stromverbrauch in kWh/1000 m$^2$ Aluminium | 270 | 375 |
| Stromverbrauch in kWh/1000 m$^2$ Stahl | 250 | 440 |
| Fossile Brennstoffe in MJ/1000 m$^2$ Aluminium | 4000 | 9800 |
| Fossile Brennstoffe in MJ/1000 m$^2$ Stahl | 3000 | 10200 |

**Bandblechbeschichtung: Energiebedarf für Aluminium- und Stahluntergründe**

- das Verringern der Lösungsmittelemissionen durch Verwenden einer Kombination von beschriebenen Techniken. Die damit verbundenen Emissionswerte sind:
  - Bei neuen Anlagen: zwischen 0,73 und 0,84 g/m$^2$ beim Abgas und 3 bis 5 % bei diffusen Emissionen.
  - Bei bestehenden Anlagen: zwischen 0,73 und 0,84 g/m$^2$ beim Abgas und 3 bis 10 % bei diffusen Emissionen. Bestehende Anlagen werden die niedrigeren Werte des Bereichs nur dann erreichen, wenn sie erheblich nachgerüstet werden.
- das Wiederaufbereiten von Aluminium und Stahl aus Substratresten.

*Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen.* Als BVT gelten:

- das Verringern des Energiebedarfs durch Verwenden verschiedener Techniken und/oder das Rückgewinnen von Energie aus der thermischen Abgasbehandlung. Die damit verbundenen Verbrauchswerte, z. B. für DWI-Dosen, sind:
  - Erdgas 5 bis 6,7 kWh/$m^2$
  - Strom 3,6 bis 5,5 kWh/$m^2$
  - rückgewonnene Energie (in den Fällen, in denen Energie zurückgewonnen werden kann; jedoch nicht möglich in den Fällen, in denen die Emissionswerte durch Substitution erreicht werden) 0,3 bis 0,4 kWh/$m^2$
- das Verringern der Lösemittelemissionen durch Verwenden von ausgewählten Techniken. Die damit verbundenen Emissionswerte sind:

| | **VOC-Emissionswert beim Auftragen (g/$m^2$) (2)** | |
|---|---|---|
| | **lösemittelbasiert** | **wasserbasiert** |
| Kontakt mit Lebensmitteln<br>• DWI-Getränkedosen<br>• Bleche für Enden (Deckel und Böden), Dosen und Komponenten<br>• Fässer | <br>6,7 bis 10,5<br>4 bis 93<br>90 bis 100 | <br>3,2 bis 4,5<br>1 bis 30 |
| Kein Kontakt mit Lebensmitteln<br>• Bleche für Enden, Dosen und Komponenten<br>• Fässer | <br>4 bis 93<br>60 bis 70 | <br>1 bis 30<br>11 bis 20 |
| Druckfarbe<br>• Bleche für Enden, Dosen und Komponenten(1) | <br>2,5 bis 13 | <br>1 bis 6 |
| Anmerkungen:<br>[1] UV-Druckfarben- und Lackaufträge sind zwar auf Non-Food- und Spezialanwendungen beschränkt, können jedoch niedrigere als die in dieser Tabelle angegebenen Werte erreichen<br>[2] Die Werte enthalten auch diffuse Emissionen | | |

**Metallverpackungen: Mit BVT verbundene Emissionswerte für Lösemittel (VOC)**

- das Vermindern der Emissionen in das Wasser durch Verwenden von ausgewählten Techniken. Die damit verbundenen Emissionswerte sind:

| **Verbindung** | **Konzentration (mg/l)** |
|---|---|
| CSB | <350 |
| AOX | 0,5 bis 1 |
| HC | 20 oder weniger |
| Sn | 4 oder weniger |

**Metallverpackungen: Emissionswerte für Abwasser**

*Beschichten von Kunststoffteilen.* Als BVT gelten:

- das Verringern von Lösemittelverbrauch und -emissionen, das Erhöhen des Auftragswirkungsgrades bei der Beschichtung sowie das Vermindern des Energiebedarfs durch Verwenden einer Kombination der Lackier-, Trocknungs- und Abgasbehandlungstechniken. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen zwischen 0,25 und 0,35 kg VOC/kg Festkörpereinsatz. Dies gilt jedoch nicht für Anlagen, deren Emissionen in die Emissionsbilanzierung der Fahrzeugserienlackierung einbezogen werden
- das Verringern des Materialverbrauchs durch Verwenden von Techniken mit hohem Auftragswirkungsgrad
- das Bevorzugen von wasserbasierten Techniken für neue und nachgerüstete Anlagen
- das Entfetten einfacher Polypropylenflächen von Hand mit lösemittelgetränkten Putzlappen.

*Beschichten von Möbeln und Holz.* Als BVT gelten:

- das Verringern von Lösemittelverbrauch und -emissionen, das Erhöhen des Auftragswirkungsgrades bei der Beschichtung sowie das Vermindern des Energiebedarfs durch Verwenden einer Kombination von Lackier-, Trocknungs- und Abgasbehandlungstechniken. Die damit verbundenen Emissionswerte liegen entweder bei

höchstens 0,25 kg VOC pro kg Festkörpereinsatz oder entsprechenden Werten in der folgenden Tabelle:

| Lacksystem: organischer Lösemittelgehalt | Lösemittelgehalt (Gew.-%) | Maßnahmen zur Emissionsverminderung | VOC-Emission ($g/m^2$) |
|---|---|---|---|
| Hoch | 65 | Techniken mit hohem Auftragswirkungsgrad, gute Betriebsführung | 40 bis 60 |
| Mittel | 20 | | 10 bis 20 |
| Niedrig | 5 | | 2 bis 5 |

**Holzbeschichtung: VOC-Emissionen verschiedener Lacksysteme und Maßnahmen zur Verringerung von Primäremissionen**

- das Verringern von Partikelemissionen in die Luft (siehe vorstehend beschriebene allgemeine BVT). Diese Branche hat eine andere Ansicht über den Wert der Partikelemissionen (split view): Der Emissionswert beträgt 10 $mg/m^3$ oder weniger für neue und bestehende Anlagen. Die Begründung lautet, dass dieser Wert in der Industrie ökonomisch und technisch machbar ist.

*Holzschutz.* Als BVT gelten:
- das Verringern von Lösemittelemissionen durch Verwenden der Vakuumimprägnierung mit wasserbasierten Systemen oder Systemen mit hoch konzentrierten Pestizidgehalten, im Falle von Lösemittelanlagen mit Abgasbehandlung
- das Entfernen von überschüssigen Löse- oder Trägermitteln in der letzten Phase des Vakuumprozesses
- das Verwenden eines Lösemittels mit einem geringeren Ozonbildungspotenzial bei lösemittelbasierten Systemen
- das Ableiten überschüssiger Pestizide in abgeschlossenen Bereichen bei wasser- und lösemittelbasierten Systemen.

Spritzen gilt nicht als BVT, da der Auftragwirkungsgrad beim Spritzen gering ist.

*Beschichten von Spiegeln.* Als BVT gelten:
- das Verringern von Lösemittelverbrauch und -emissionen (hauptsächlich Xylol) durch Verwenden einer Kombination von beschriebenen Techniken und allgemeinen BVT. Für Abgasemissionen liegen die Emissionswerte bei 1 bis 3 $g/m^2$ (2 bis 3 % der eingesetzten Lösemittelmenge), bei diffusen Emissionen liegen die Emissionswerte bei 5 bis 10 $g/m^2$ (8 bis 15 % der eingesetzten Lösungsmittelmenge)
- das Verringern der Verwendung gefährlicher Stoffen durch Verwenden von bleiarmen Lacken.

Diese Industrie verwendet auch die im BVT-Merkblatt „Oberflächenbehandlung von Metallen“ (STM) beschriebenen wasserbasierten Oberflächenbehandlungen (einschließlich BVT).

**Techniken in Entwicklung**

Es werden mehrere Techniken behandelt, die gerade für die verschiedenen Branchen weiterentwickelt oder in diese überführt werden. Für Druckfarben, Beschichtungen oder Klebstoffe sind dies insbesondere das Verwenden von weniger oder gar keinen Lösemitteln, verbesserten wasserbasierten Systemen, 1- und 2-Komponenten-Systemen, Lacken mit sehr hohem Feststoffanteil und Pulverbeschichtungen. Diese Techniken umfassen häufig auch die Entwicklung von nicht-thermischem Trocknen oder Härten mittels UV- oder anderen Strahlen. Beim Auftragen einer Schicht mit Gleitmitteln auf Wickeldraht ist die wichtigste Entwicklung das Verwenden von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Techniken, deren Anwendungsgebiete zurzeit noch begrenzt sind. Bei der Fahrzeugbeschichtung finden Entwicklungen in den folgenden Bereichen statt: bei wasserverdünnbaren Beschichtungen, 1- und 2-Komponenten-Klarlackbeschichtungen, Beschichtungen mit sehr hohen Feststoffanteilen, Pulverbeschichtungen und Beschichtungen mit Polyurethanlacken (PU-Lacken) (die sowohl auf metallische Oberflächen als auch auf

Kunststoffoberflächen aufgetragen werden können), vermehrter Verwendung von vorbeschichteten Materialien und – als Folge vieler dieser Entwicklungen – der Verringerung der Anzahl von Lackschichten.

**Abschließende Bemerkungen**

Der Informationsaustausch über die besten verfügbaren Techniken zur Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln fand im Zeitraum von 2003 bis 2006 statt. Der Informationsaustausch war erfolgreich, und während der Arbeit der Technischen Arbeitsgruppe und deren Abschlusssitzung wurde ein hoher Grad an Übereinstimmung erzielt. Es gab nur eine gegenteilige Auffassung (split view) in Bezug auf die Emissionen von Partikeln beim Beschichten von Möbeln und Holz.

Zum Abschluss des Informationsaustausches wurde deutlich, dass sich der Austausch mit den Informationen befasst hatte, die innerhalb des Geltungsbereichs dieses Dokuments lagen.

Im Kapitel „Abschließende Bemerkungen“ sind Wissenslücken und Empfehlungen für zukünftige Forschungen aufgeführt. Die wichtigsten Themen für die zukünftige Arbeit sind POCP (photochemische Ozonbildung) und Kosten-Nutzen-Analysen des Einsatzes von Erdgas zur Minderung von VOC-Emissionen.

Über ihre Programme zur Forschung und technologischen Entwicklung (FTE) fördert und unterstützt die europäische Kommission eine Reihe von Projekten, die sich mit sauberen Technologien, der Abwasserbehandlung in der Zukunft, Wiederaufbereitungstechnologien und Managementstrategien befassen. Diese Projekte könnten einen sinnvollen Beitrag zu zukünftigen Überprüfungen von BVT-Merkblättern leisten. Die Leser werden daher aufgefordert, das „Europäische IVU-Büro“ (EIPPCB) über alle Forschungsergebnisse zu informieren, die hinsichtlich des Geltungsbereichs dieses Dokuments von Bedeutung sind (siehe dazu auch das Vorwort dieses Dokuments).

# VORWORT

## 1. Status des Dokuments

Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich alle Hinweise auf "die Richtlinie" im vorliegenden Dokument auf die Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. Die Direktive und auch dieses Dokument sind anzuwenden unbeschadet von Bestimmungen der Kommission bezüglich Gesundheit und Arbeitssicherheit.

Dieses Dokument ist Teil einer Reihe, in der die Ergebnisse eines Informationsaustauschs zwischen den EU-Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über beste verfügbare Techniken (BVT), die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet vorgestellt werden. Es wird von der Europäischen Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie veröffentlicht und muss daher gemäß Anhang IV der Richtlinie bei der Festlegung der "besten verfügbaren Techniken" berücksichtigt werden.

## 2. In der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung verankerte rechtliche Pflichten und Definitionen der BVT

Um dem Leser das Verständnis des Rechtsrahmens für die Erarbeitung des vorliegenden Dokuments zu erleichtern, werden im Vorwort die wichtigsten Bestimmungen der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung beschrieben und eine Definition des Begriffs "beste verfügbare Techniken" gegeben. Diese Beschreibung muss zwangsläufig unvollständig sein und dient ausschließlich Informationszwecken. Sie hat keine rechtlichen Konsequenzen und ändert oder präjudiziert in keiner Weise die Bestimmungen der Richtlinie.

Die Richtlinie dient der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, die durch die im Anhang I aufgeführten Tätigkeiten verursacht wird, damit insgesamt ein hohes Umweltschutzniveau erreicht wird. Die Rechtsgrundlage der Richtlinie bezieht sich auf den Umweltschutz. Bei ihrer Umsetzung sollten auch die anderen Ziele der Gemeinschaft, wie die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie, berücksichtigt werden, damit sie zu einer nachhaltigen Entwicklung beiträgt.

Im Einzelnen sieht sie ein Genehmigungsverfahren für bestimmte Kategorien industrieller Anlagen vor und verlangt sowohl von den Betreibern als auch den regelnden Behörden und sonstigen Einrichtungen ein integriertes, ganzheitliches Betrachten des Umweltverschmutzungs- und Verbrauchspotentials der Anlage. Das Gesamtziel dieses integrierten Konzepts muss darin bestehen, das Management und die Kontrolle der industriellen Prozesse so zu verbessern, dass ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt sichergestellt wird. Von zentraler Bedeutung für dieses Konzept ist das in Artikel 3 definierte allgemeine Prinzip, das die Betreiber auffordert, alle geeigneten Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen zu treffen, insbesondere durch den Einsatz der besten verfügbaren Techniken, mit deren Hilfe sie ihre Leistungen im Hinblick auf den Umweltschutz verbessern können.

Der Begriff "beste verfügbare Techniken" wird in Artikel 2 Absatz 11 der Richtlinie definiert als "der effizienteste und fortschrittlichste Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch erscheinen lässt, grundsätzlich als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern." Weiter heißt es in der Begriffsbestimmung in Artikel 2 Absatz 11:

"Techniken" beinhalten sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird;

Als "verfügbar" werden jene Techniken bezeichnet, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter in dem betref-

fenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht, gleich, ob diese Techniken innerhalb des betreffenden Mitgliedstaats verwendet oder hergestellt werden, sofern sie zu vertretbaren Bedingungen für den Betreiber zugänglich sind;
Als "beste" gelten jene Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.

Anhang IV der Richtlinie enthält eine Liste von "Punkten, die bei Festlegung der besten verfügbaren Techniken im Allgemeinen wie auch im Einzelfall zu berücksichtigen sind unter Berücksichtigung der sich aus einer Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens sowie des Grundsatzes der Vorsorge und Vermeidung." Diese Punkte schließen jene Informationen ein, die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 veröffentlicht werden.

Die für die Erteilung von Genehmigungen zuständigen Behörden haben bei der Festlegung der Genehmigungsauflagen die in Artikel 3 definierten allgemeinen Prinzipien zu berücksichtigen. Diese Genehmigungsauflagen müssen Emissionsgrenzwerte enthalten, die gegebenenfalls durch äquivalente Parameter oder technische Maßnahmen ergänzt bzw. ersetzt werden. Entsprechend Artikel 9 Absatz 4 der Richtlinie sind diese Emissionsgrenzwerte, äquivalenten Parameter und technischen Maßnahmen unbeschadet der Einhaltung der Umweltqualitätsnormen auf die besten verfügbaren Techniken zu stützen, ohne dass die Anwendung einer bestimmten Technik oder Technologie vorgeschreiben wird; hierbei sind die technische Beschaffenheit der betreffenden Anlage, ihr geografischer Standort und die jeweiligen örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. In jedem Fall haben die Genehmigungsauflagen Vorkehrungen zur weitestgehenden Verminderung weiträumiger oder grenzüberschreitender Umweltverschmutzungen vorzusehen und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu sichern.

Gemäß Artikel 11 der Richtlinie haben die Mitgliedstaaten dafür zu sorgen, dass die zuständigen Behörden die Entwicklungen bei den besten verfügbaren Techniken verfolgen oder darüber informiert sind.

## 3. Zielsetzungen des Dokuments

Entsprechend Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie hat die Kommission "einen Informationsaustausch zwischen den Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über die besten verfügbaren Techniken, die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet" durchzuführen und die Ergebnisse des Informationsaustauschs zu veröffentlichen.

Der Zweck des Informationsaustauschs ist unter Erwägung 25 der Richtlinie erläutert, in der es heißt: "Die Entwicklung und der Austausch von Informationen auf Gemeinschaftsebene über die besten verfügbaren Techniken werden dazu beitragen, das Ungleichgewicht auf technologischer Ebene in der Gemeinschaft auszugleichen, die weltweite Verbreitung der in der Gemeinschaft festgesetzten Grenzwerte und der angewandten Techniken zu fördern und die Mitgliedsstaaten bei der wirksamen Durchführung dieser Richtlinien zu unterstützen."

Zur Unterstützung der unter Artikel 16 Absatz 2 vorgesehenen Maßnahmen hat die Kommission (GD Umwelt) ein Informationsaustauschforum (IEF) geschaffen, und mehrere technische Arbeitsgruppen wurden unter der Schirmherrschaft des IEF eingesetzt. Im Informationsaustauschforum und in den technischen Arbeitsgruppen sind, wie im Artikel 16 Absatz 2 verlangt, sowohl die Mitgliedsstaaten als auch die Industrie vertreten.

Ziel dieser Reihe von Dokumenten ist es, den stattgefundenen und unter Artikel 16 Absatz 2 geforderten Informationsaustausch genau wiederzugeben und der Genehmigungsbehörde Referenz-Informationen zur Verfügung zu stellen, die von dieser bei der Festlegung der Genehmigungsauflagen zu berücksichtigen sind. Mit ihren Informationen über die besten verfügbaren Techniken sollen diese Dokumente als wertvolle Instrumente zur Verbesserung des Umweltschutzes dienen.

## 4. Informationsquellen

Dieses Dokument enthält eine Zusammenfassung über Informationen, die aus verschiedenen Quellen, einschließlich insbesondere sachkundiger Angaben der zur Unterstützung der Tätigkeit der Kommission geschaffenen Arbeitsgruppen, stammen und durch die Dienste der Kommission geprüft wurden. Für alle Beiträge wird anerkennend gedankt.

## 5. Anleitung zum Verständnis und zur Benutzung des Dokuments

Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen sind als Unterstützung bei der Bestimmung der BVT in speziellen Fällen gedacht. Bei der Bestimmung der BVT und Festlegung der auf BVT gestützten Genehmigungsauflagen ist stets vom Gesamtziel, das heißt einem insgesamt hohen Umweltschutzniveau, auszugehen.

Der verbleibende Teil des vorliegenden Abschnitts beschreibt die Art der Information, die in den einzelnen Kapiteln des Dokuments enthalten ist.

Kapitel 1 stellt allgemeine Informationen über den Industriesektor und damit verbundene Aktivitäten dar. Die Kapitel 2 bis 19 bestehen jeweils aus den folgenden 4 Abschnitten:

1. allgemeine Informationen über die Branche oder betroffenen Tätigkeiten
2. eine Beschreibung der Industrieprozesse die innerhalb der Branche oder Tätigkeit angewendet werden
3. Daten und Informationen, die die derzeitigen Verbrauchs- Emissionsniveaus darstellen bezüglich existierender Anlagen zum Zeitpunkt der Erstellung des Dokumentes
4. Techniken, die bei der Bestimmung von BAT zu berücksichtigen sind, wie nachfolgend für Kapitel 20 beschrieben, dabei liegt der Schwerpunkt auf Techniken oder Informationen, die spezifisch für jede Branche oder Tätigkeit sind und unter den “Umfang” dieses Dokumentes fallen.

Kapitel 20 beschreibt detaillierter Techniken zur Minderung des Verbrauchs und von Emissionen sowie weitere Techniken, die als die bedeutendsten bei der Bestimmung von BVT und bei Genehmigungen, die auf BVT basieren, angesehen werden, und die relevant für alle oder die meisten der Branchen oder betroffenen Aktivitäten sind. Diese Informationen schließen Informationen über den Verbrauch und die Emissionsniveaus, die bei Anwendung der Techniken erreicht warden können, die Kosten und damit verbundene medienübergreifende Aspekte ein sowie in welchem Maße diese Technik auf die unterschiedlichen Anlagen, die unter dieses Merkblatt fallen, angewendet werden kann. Dies schließt zum Beispiel ein, in welcher Branche oder Aktivität diese Technik derzeit angewendet wird und inwiefern sie in anderen Branchen oder bei anderen Tätigkeiten, einschließlich neuer, existierender, kleiner oder großer Anlagen anwendbar ist. Techniken, die generell als veraltet angesehen werden, werden dabei nicht berücksichtigt.

In Kapitel 21 werden die Verfahren und Emissions- und Verbrauchswerte aufgeführt, die allgemein den Anforderungen an die besten verfügbaren Techniken entsprechen. Kapitel 21.1 beschreibt die besten verfügbaren Techniken, die in allen Sparten der Branche angewendet werden. Die Kapitel 21.2 bis 21.19 beschreiben spezifische beste BVT für jede Branche, die in Verbindung mit Kapitel 21.1 genutzt werden.

Dabei geht es darum, allgemeine Angaben zu den Emissions- und Verbrauchswerten bereitzustellen, die bei der Festlegung von auf BVT gestützten Genehmigungsauflagen oder allgemein verbindlichen Vorschriften gemäß Artikel 9 Absatz 8 als geeignete Referenz gelten können. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass es sich in diesem Dokument nicht um Vorschläge für Emissionsgrenzwerte handelt. Bei der Festlegung der jeweiligen Genehmigungsauflagen sind lokale standortspezifische Faktoren wie die technische Beschaffenheit der betreffenden Anlage, ihr geografischer Standort und die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. Ferner ist bei bestehenden Anlagen die wirtschaftliche und technische Vertretbarkeit möglicher Modernisierungen zu beachten. Allein die Zielsetzung

der Sicherung eines hohen Umweltschutzniveaus insgesamt fordert nicht selten ein Abwägen der einzelnen Auswirkungen auf die Umwelt, und diese Abwägungen sind oftmals von lokalen Erwägungen beeinflusst.

Obgleich im vorliegenden Dokument der Versuch unternommen wurde, einige dieser Aspekte aufzugreifen, ist eine umfassende Behandlung in diesem Rahmen nicht möglich. Somit sind die in Kapitel 21 aufgeführten Verfahren und Zahlenwerte nicht notwendigerweise auf alle Anlagen anwendbar. Andererseits verlangt die Pflicht zur Sicherung eines hohen Umweltschutzniveaus einschließlich der weitestgehenden Verminderung der weiträumigen oder grenzüberschreitenden Umweltverschmutzung, dass Genehmigungsauflagen nicht aus rein lokalen Erwägungen festgesetzt werden. Somit ist die vollständige Berücksichtigung der im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen durch die Genehmigungsbehörden von größter Bedeutung. Der verbleibende Teil des Kapitels beschreibt jene Art von Informationen, die in allen Kapiteln des Merkblattes genannt wurden.

Da sich die besten verfügbaren Techniken mit der Zeit ändern, wird dieses Dokument ggf. überprüft und aktualisiert. Stellungnahmen und Vorschläge sind an das Europäische IVU-Büro beim Institute for Prospective Technological Studies mit folgender Anschrift zu senden:

Edificio Expo, c/Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sevilla, Spain
Telephone: +34 95 4488 284
Fax: +34 95 4488 426
E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Internet: http://eippcb.jrc.es

**Schnittstellen zwischen der IVU-Richtlinie und der EU-Lösemittelrichtlinie**

Die folgende Darstellung bezieht sich auf Sachverhalte bezüglich der Verbindung der EU-Richtlinie 1999/13/EC vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und bei bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen (EU-Lösemittelrichtlinie) zur EU-Richtlinie 96/61/EC vom 24. September 1996 über die Integrierte Verminderung und Vermeidung von Umweltverschmutzungen (IVU-Richtlinie).

Es ist zu beachten, dass die gültige Auslegung des EU-Gemeinschaftsrechtes dem Europäischen Gerichtshof obliegt und somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass neue Fragen in der Zukunft auftreten können.

Die EU-Lösemittelrichtlinie enthält die folgenden expliziten Verweise auf die IVU-Richtlinie:

- Artikel 4 der VOC-Richtlinie verlangt, dass *unbeschadet der Richtlinie 96/61/EG die Mitgliedsstaaten die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen haben, um sicherzustellen, dass bestehende Anlagen spätestens zum 31.Oktober 2007 den Artikeln 5,.8 und 9 entsprechen*. Dies verdeulicht, dass die Erfüllung der Anforderungen aus der VOC-Richtlinie nicht die Auflagen zur Erfüllung der IVU-Richtlinie, einschließlich emissionsbegrenzender Anforderungen oder equivalenter Parameter und technischer Maßnahmen bezüglich der Anforderungen nach Artikel 9 (4) oder 9 (8) der IVU-Richtlinie, in Genehmigungsbescheiden aufhebt. Wie im Standardvorwort eines BVT-Merkblattes genannt, wird eine gewisse Flexibilität nach Artikel 9 (4) als auch in der Definition von besten verfügbaren Techniken entsprechend der IVU-Richtlinie verankert. Falls jedoch striktere Anforderungen im Genehmigungsbescheid im Vergleich zur VOC-Richtlinie durch die zuständigen Behörden oder aufgrund rechtsverbindlicher Bestimmungen benannt sind, um die Anforderungen der IVU-Richtlinie zu erfüllen, so sind die strikteren Anforderungen anzuwenden.

- Artikel 6 der VOC-Richtlinie sieht für die Mitgliedsstaaten die Möglichkeit der Bestimmung und Implementierung von nationalen Emissionsminderungsplänen für Tätigkeiten

und existierende Anlagen, die unter die Richlinie fallen, vor. Ausgenommen davon sind die Oberflächenreinigung und die chemische Reinigung. Jedoch nach Artikel 6 (1) der Richlinie *darf unter keinen Umständen eine bestehende Anlage von der Erfüllung der Bestimmungen der Richtlinie 96/61/EG entbunden werden*. Auch wenn eine Anlage von einem Nationalen Plan erfaßt ist, muss sie entsprechned den Anforderungen der IVU-Richtlinie betrieben werden. Das schließt die im Genehmigungsbescheid genannten Emissionsgrenzwerte, equivalente Parameter und techniche Maßnahmen, die entsprechend den Anforderungen der Artikel 9(4) oder Artikel 9 (8) der IVU-Richtlinie bestimmt wurden, ein.

Die IVU-Richtlinie enthält den folgenden Verweis auf andere Rechtsbestimmungen und Emissionsgrenzwerte:

- Artikel 18(2) bestimmt, dass*: Wurden keine Emissionsgrenzwerte aufgrund dieser Richtlinie festgelegt, so gelten mindestens die einschlägigen Emissionsgrenzwerte, die in den in Anhang II genannten Richtlinien und den anderen gemeinschaftlichen Vorschriften festgelegt sind, für die in Anhang I genannten Anlagen als Emissionsgrenzwerte nach dieser Richtlinie.*

Die VOC-Richtlinie wurde nicht im Anhang II aufgeführt, da sie erst nach der IVU-Richtlinie in Kraft getreten ist. Sie ist jedoch eindeutig als '*andere gemeinschaftliche Vorschriften*' im Sinne des Artikel 18 (2) anzusehen, und die enthaltenen Emissionsgrenzwerte sind deshalb die mindestens einzuhaltenden Emissionsgrenzwerte für diesen Industriesektor.

# BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung unter Verwendung vonLösemitteln


| | | | |
|---|---|---|---|
| | EXECUTIVE SUMMARY | **Zusammenfassung** | i |
| | PREFACE | **Vorwort** | xv |
| | SCOPE | **Geltungsbereich** | lvii |
| **1** | **GENERAL INFORMATION ON SURFACE TREATMENT USING Organic SOLVENTS** | **Allgemeinen Informationen über die Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln** | 1 |
| 1.1 | Organic solvents and treating surfaces | Organische Lösemittel und Oberflächenbehandlung | 1 |
| 1.2 | Key environmental issues | Hauptumweltfragen | 2 |
| 1.2.1 | Overall | Allgemein | 2 |
| 1.2.2 | Solvents | Lösemittel | 3 |
| 1.2.3 | Metals | Metalle | 4 |
| 1.2.4 | Other pollutants | Andere Schadstoffe | 4 |
| 1.2.5 | Energy | Energie | 5 |
| 1.2.6 | Raw material usage | Rohstoffverbrauch | 5 |
| 1.2.7 | Water usage | Wasserverbrauch | 5 |
| 1.2.8 | Solid and liquid wastes | Flüssige und feste Abfälle | 5 |
| 1.2.9 | Airborne particles | Schwebestaub | 5 |
| 1.2.10 | Noise | Lärm | 5 |
| **2** | **PRINTING** | **DRUCKEN** | 7 |
| 2.1 | General information on printing | Allgemeine Informationen über das Drucken | 7 |
| 2.1.1 | Printing industry in the European Community | Die Druckindustrie in der Europäischen Gemeinschaft | 7 |
| 2.1.2 | The products | Die Produkte | 11 |
| 2.1.2.1 | Newspapers | Zeitungen | 11 |
| 2.1.2.2 | Magazines and catalogues | Magazine und Kataloge | 11 |
| 2.1.2.3 | Books | Bücher | 12 |
| 2.1.2.4 | General printing | Allgemeines Drucken | 12 |
| 2.1.2.5 | Security printing | Drucken von Sicherheitsschriften | 12 |
| 2.1.2.6 | Labels | Label | 12 |
| 2.1.2.7 | Business forms | Geschäftsformulare | 12 |
| 2.1.2.8 | Paper and cardboard packaging | Papier- und Kartonverpackungen | 13 |
| 2.1.2.9 | Flexible packaging | Flexible Verpackungen | 13 |
| 2.1.2.10 | Products requiring thick ink films | Produkte mit hohem Farbauftrag | 13 |
| 2.1.2.11 | Wallpaper, decorative paper and paper-based foils for the furniture and lamination industry | Tapeten, Dekopapier und Folien auf Papierbasis für die Möbel- und Laminatindustrie | 13 |
| 2.1.2.12 | Envelopes | Umschläge | 14 |
| 2.2 | Applied processes and techniques in printing | Angewendete Prozesse und Techniken beim Drucken | 14 |
| 2.2.1 | Pre-press and proofing systems | Druckvorstufe und Proof | 14 |
| 2.2.2 | Creating the image carrier: printing plate, cylinder, stencil making and computer-to-plate (CTP) | Herstellen der Bildträger: Druckplatten, -zylinder, -matrizen und digitale Druckplattenbelichtung | 15 |
| 2.2.3 | Printing | Drucken | 16 |
| 2.2.3.1 | Letterpress and letterset | Typographie und Trockenoffset | 16 |
| 2.2.3.2 | Flexography | Flexodruck | 16 |
| 2.2.3.3 | Offset: general | Offsetdruck allgemein | 18 |
| 2.2.3.4 | Sheetfed offset | Bogenoffsetdruck | 20 |
| 2.2.3.5 | Web presses (heatset and coldset offset) | Rollendruck (Heatset und Coldset-Offsetdruck) | 21 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.2.3.6 | Gravure | Tiefdruck | 22 |
| 2.2.3.7 | Screen printing | Siebdruck | 23 |
| 2.2.3.8 | Digital printing | Digitaldruck | 25 |
| 2.2.3.9 | Laminating and varnishing in flexible packaging | Laminieren und Kaschieren beim Flexoverpackungsdruck | 25 |
| 2.2.4 | Finishing | Weiterbearbeitung | 26 |
| 2.2.5 | Associated activities | Dazugehörige Tätigkeiten | 26 |
| 2.3 | Current consumption and emission levels in printing | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionsdaten beim Drucken | 28 |
| 2.3.1 | The printing industry as a whole | Die gesamte Druckindustrie | 28 |
| 2.3.2 | Heatset web offset | Heatset-Rollenoffsetdruck | 28 |
| 2.3.2.1 | Mass balances – heatset | Massenbilanz- Heatset | 28 |
| 2.3.2.2 | Consumptions – heatset | Verbräuche- Heatset | 35 |
| 2.3.2.2.1 | Constituents and additives | Wesentliche Bestandteile und Hilfsstoffe | 35 |
| 2.3.2.2.2 | Printing inks | Druckfarben | 35 |
| 2.3.2.2.3 | Dampening solutions | Feuchtmittel | 35 |
| 2.3.2.2.4 | Varnishes | Lacke | 36 |
| 2.3.2.2.5 | Cleaning agents | Reinigunsmittel | 36 |
| 2.3.2.2.6 | Energy and resources | Energie und Ressourcen | 38 |
| 2.3.2.2.7 | Printing substrates and other consumptions | Bedruckstoffe und andere Verbräuche | 39 |
| 2.3.2.3 | Emissions – heatset | Emissionen - Heatset | 39 |
| 2.3.2.3.1 | Emissions to air – sources and fugitive emissions | Emissionen in die Luft- Quellen und diffuse Emissionen | 39 |
| 2.3.2.3.2 | Waste | Abfall | 41 |
| 2.3.2.3.3 | Waste water | Abwasser | 42 |
| 2.3.3 | Flexible package printing – flexography and gravure | Verpackungsdruck – Flexodruck und Tiefdruck | 43 |
| 2.3.3.1 | Mass balances – flexible packaging | Massenbilanzen - Verpackungsdruck | 43 |
| 2.3.3.2 | Consumptions – flexible packaging | Verbräuche- Flexoverpackungsdruck | 47 |
| 2.3.3.2.1 | Organic solvents | Organische Lösemittel | 47 |
| 2.3.3.2.2 | Printing inks and varnishes | Druckfarben und -lacke | 48 |
| 2.3.3.2.3 | Cleaning agents | Reinigungsmittel | 52 |
| 2.3.3.2.4 | Adhesives in lamination | Klebstoffe beim Laminieren | 53 |
| 2.3.3.2.5 | Energy and resources | Energie und Ressourcen | 53 |
| 2.3.3.3 | Emissions – flexible packaging | Emissionen -Verpackungsdruck | 54 |
| 2.3.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 54 |
| 2.3.3.3.2 | Waste | Abfall | 58 |
| 2.3.3.3.3 | Waste water | Abwasser | 59 |
| 2.3.4 | Publication gravure | Illustrationstiefdruck | 59 |
| 2.3.4.1 | Mass balances – publication gravure | Massenbilanzen - Illustrationstiefdruck | 59 |
| 2.3.4.2 | Consumptions – publication gravure | Verbräuche - Illustrationstiefdruck | 63 |
| 2.3.4.2.1 | Printing inks | Druckfarben | 63 |
| 2.3.4.2.2 | Cleaning agents | Reinigungsmittel | 63 |
| 2.3.4.2.3 | Energy and resources | Energie und Ressourcen | 63 |
| 2.3.4.2.4 | Printing substrates and others | Bedruckstoffe und Weiteres | 64 |
| 2.3.4.3 | Emissions – publication gravure | Emissionen - Illustrationstiefdruck | 64 |
| 2.3.4.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 64 |
| 2.3.4.3.2 | Waste | Abfall | 65 |
| 2.3.4.3.3 | Waste water | Abwasser | 66 |
| 2.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for printing | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für das Drucken zu berücksichtigen sind** | 66 |
| 2.4.1 | Heatset offset printing | **Heatset-Offsetdruckverfahren** | 67 |
| 2.4.1.1 | Conventional heatset inks | **Konventionelle Heatset-Druckfarben** | 67 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.4.1.2 | Replacement of conventional heatset inks (substitution) | **Ersatz konventioneller Heatset-Druckfarben (Substitution)** | 68 |
| 2.4.1.2.1 | Inks based on vegetable oils | **Druckfarben auf Pflanzenölbasis** | 68 |
| 2.4.1.3 | Reducing emissions from the dampening solution | **Reduktion der Emissionen aus dem Feuchtmittel** | 69 |
| 2.4.1.3.1 | Replacement of IPA in the dampening solution (substitution) | **Ersatz von IPA im Feuchtmittel (Substitution)** | 69 |
| 2.4.1.3.2 | Optimising the concentration of IPA in the dampening solution | **Optimieren der IPA-Konzentration im Feuchtmittel** | 71 |
| 2.4.1.3.3 | Ceramic, metal and hydrophilic distributing and plate rollers | **Keramische, metallische und hydrophile Feuchtwalzen und Gegendruckwalzen** | 72 |
| 2.4.1.3.4 | Exact adjustment of the inking rollers | **Exakte Justierung der Farbwalzen** | 73 |
| 2.4.1.3.5 | Apply a spray system in the dampening unit | **Verwenden eines Sprühsystems im Feuchtwerk** | 73 |
| 2.4.1.3.6 | Cooling the dampening solution | **Kühlen des Feuchtmittels** | 74 |
| 2.4.1.3.7 | Cooling the dampening rollers and plate cylinders | **Kühlen der Feuchtwalzen und Druckzylinder** | 74 |
| 2.4.1.3.8 | Removal of IPA solutions from the dampening unit | **IPA-Minderung im Feuchtwerk** | 75 |
| 2.4.1.4 | Filtering the dampening solution | **Filtern des Feuchtmittels** | 75 |
| 2.4.1.5 | Controlling the hardness of the water for the dampening solution | **Kontrolle der Wasserhärte des Feuchtmittels** | 76 |
| 2.4.1.6 | Waterless offset | **Wasserloses Offsetverfahren** | 76 |
| 2.4.1.7 | Waste gas collection and treatment | **Abgaserfassung und -behandlung** | 77 |
| 2.4.1.7.1 | Encapsulation of presses or extraction and treatment of air from the press room | **Einhausung von Druckmaschinen oder Absaugung und Behandlung der Luft aus dem Drucksaal** | 77 |
| 2.4.1.7.2 | Extraction and treatment of air from the driers | **Absaugung und Behandlung der Abluft aus Trocknern** | 78 |
| 2.4.1.8 | Cleaning | **Reinigung** | 79 |
| 2.4.1.8.1 | Replacement (substitution) and control of VOCs used in cleaning | **Ersatz (Substitution) und Überwachung der bei der Reinigung verwendeten VOCs** | 79 |
| 2.4.1.8.2 | Automatic high pressure cleaners for dampening rollers | **Automatische Hochdruckreiniger für Feuchtwalzen** | 80 |
| 2.4.1.8.3 | Automatic cleaning systems for printing and blanket cylinders | **Automatische Reinigungssysteme für Druck- und Gummituchzylinder** | 80 |
| 2.4.2 | Flexography and packaging gravure | **Flexo- und Verpackungstiefdruck** | 81 |
| 2.4.2.1 | Conventional solvent-based inks | **Herkömmliche lösemittelbasierte Farben** | 82 |
| 2.4.2.2 | Replacement of conventional solvent-based inks (substitution) | **Ersatz herkömmlicher lösemittel-basierter Farben (Substitution)** | 82 |
| 2.4.2.2.1 | UV curing alternatives | **UV-härtende Druckfarben** | 82 |
| 2.4.2.2.2 | Electron beam (EB) curable alternatives | **Elektronenstrahl (ES)-härtende Druckfarben** | 84 |
| 2.4.2.2.3 | Water-based inks | **Wasserbasierte Druckfarben** | 84 |
| 2.4.2.3 | Conventional solvent-based varnishes and adhesives | **Konventionelle lösemittelbasierte Lacke und Klebstoffe** | 86 |
| 2.4.2.4 | Substitutes for conventional varnishes and adhesives | **Ersatzstoffe für konventionelle Lacke und Klebstoffe** | 86 |
| 2.4.2.4.1 | Water-based varnishes and adhesives | **Wasserbasierte Lacke und Klebstoffe** | 86 |
| 2.4.2.4.2 | High solid alternatives | **High Solids** | 87 |
| 2.4.2.4.3 | UV curing alternatives | **UV-härtende Lacke und Klebstoffe** | 88 |
| 2.4.2.4.4 | Solvent-free alternatives | **Lösemittelfreie Klebstoffe** | 88 |
| 2.4.2.4.5 | Co-extrusion | **Coextrusion** | 89 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.4.2.5 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 89 |
| 2.4.2.5.1 | Encapsulation/enclosure | **Kapselung/Einhausung** | 89 |
| 2.4.2.5.2 | Extraction and treatment of air from the presses and other production areas | **Absaugung und Behandlung von Abluft von Druckmaschinen und aus anderen Produktionsbereichen** | 90 |
| 2.4.2.5.3 | Peak volume bypass and peak/ trough smoothing: extraction and treatment of air from the presses and production areas | **Bypass für kurzzeitig erhöhte Abgasmengen und Vergleichmäßigung: Ablufterfassung und -behandlung aus den Druckmaschinen und Produktionsbereichen** | 91 |
| 2.4.2.5.4 | Maintenance of waste gas treatment equipment, bypasses, collection systems, etc. | **Instandhaltung von Abgasbehandlungsanlage, Bypässen, Abgaserfassungssystemen usw.** | 91 |
| 2.4.2.5.5 | Automatic and timely closure of a bypass system | **Automatische und rechtzeitige Schließung eines Bypasssystems** | 92 |
| 2.4.2.6 | Cleaning | **Reinigung** | 92 |
| 2.4.2.6.1 | Replacement of VOCs with less volatile solvents for cleaning floors (substitution) | **Ersatz von VOCs durch weniger flüchtige Lösemittel zur Reinigung von Böden (Substitution)** | 92 |
| 2.4.2.6.2 | Cleaning machine parts and equipment in automatic cleaning/washing machines | **Reinigung von Maschinen und Ausrüstungsteilen in automatischen Reinigungs-/Waschmaschinen** | 93 |
| 2.4.2.6.3 | Cleaning of machine parts with high pressure water spray | **Reinigung von Maschinen mit Hochdruckwasserstrahl** | 93 |
| 2.4.3 | Publication gravure printing | **Illustrationstiefdruck** | 92 |
| 2.4.3.1 | Conventional solvent-based inks | **Konventionelle lösemittelbasierte Druckfarben** | 94 |
| 2.4.3.2 | Substitutes for conventional solvent-based inks | **Ersatzstoffe für herkömmliche lösemittelbasierte Druckfarben** | 94 |
| 2.4.3.2.1 | Water-based alternatives | **Wasserbasierte Druckfarben** | 93 |
| 2.4.3.2.2 | Using retention inks | **Verwenden von Retentionsdruckfarben** | 95 |
| 2.4.3.3 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 96 |
| 2.4.3.3.1 | Increased temperature in the press room | **Erhöhung der Temperatur im Drucksaal** | 96 |
| 2.4.3.3.2 | Increasing drying time | **Erhöhung der Trocknungszeit** | 96 |
| 2.4.3.3.3 | Discontinuous air extraction from the driers | **Diskontinuierliche Absaugung der Trockner** | 97 |
| 2.4.3.3.4 | Continuous air extraction from the driers | **Kontinuierliche Absaugung der Trockner** | 97 |
| 2.4.3.3.5 | Enclosed press and ventilation air is routed to the waste gas treatment system discontinuously | **Einhausung der Druckmaschinen und diskontinuierliche Ableitung der Abluft zur Abgasbehandlungsanlage** | 98 |
| 2.4.3.3.6 | Enclosed press and ventilation air is routed to the waste gas treatment system continuously | **Einhausung der Druckmaschine und kontinuierliche Ableitung der Abluft zur Abgasbehandlungsanlage** | 97 |
| 2.4.3.3.7 | Discontinuous air extraction from the press, the driers and the press room | **Diskontinuierliche Absaugung der Druckmaschinen, der Trockner und des Drucksaals** | 99 |
| 2.4.3.3.8 | Continuous air extraction from the press, the driers and the press room | **Kontinuierliche Absaugung der Druckmaschinen, der Trockner und des Drucksaals** | 98 |
| 2.4.3.3.9 | Closed air loop ventilation | **Geschlossener Umluftkreislauf** | 100 |
| 2.4.3.3.10 | Air-knives on the printed web | **Luftrakel auf der Druckbahn** | 101 |
| 2.4.3.4 | Cleaning | **Reinigung** | 101 |
| 2.4.3.4.1 | In-press cleaning of printing cylinders | **Reinigung der Druckzylinder in der Druckmaschine** | 101 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **3** | **MANUFACTURE OF WINDING WIRE** | **HERSTELLUNG VON WICKELDRÄHTEN** | 103 |
| 3.1 | General information on the winding wire industry | Allgemeine Informationen über die Wickeldrahtindustrie | 103 |
| 3.1.1 | Product characteristics and end use applications | Produkteigenschaften und Endandwendungen | 104 |
| 3.2 | Applied processes and techniques in winding wire manufacturing | Angwendete Prozesse und Techniken bei der Herstellung von Wickeldrähten | 104 |
| 3.2.1 | Typical manufacturing process for enamelled wires | Typische Herstellungsverfahren für schmelzlackierte Drähte | 105 |
| 3.3 | Current consumption and emission levels in winding wire manufacturing | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte bei der Herstellung von Wickeldrähten | 107 |
| 3.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 107 |
| 3.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 109 |
| 3.3.2.1 | Coatings | Beschichtungen | 109 |
| 3.3.2.2 | Lubricants | Gleitmittel | 110 |
| 3.3.3 | Emissions | Emissionen | 110 |
| 3.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 110 |
| 3.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 113 |
| 3.3.3.3 | Waste | Abfall | 113 |
| 3.4 | Techniques to consider in the determination of BAT in winding wire manufacturing | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Wickeldrahtherstellung zu berücksichtigen sind** | 114 |
| 3.4.1 | General techniques in winding wire manufacturing | **Allgemeine Techniken bei der Herstellung von Wickeldraht** | 114 |
| 3.4.2 | Energy management | **Energiemanagement** | 115 |
| 3.4.2.1 | Wire cooling with room air or exterior air | **Drahtkühlung mit Raumluft oder Außenluft** | 115 |
| 3.4.3 | Conventional solvent-based processes | **Konventionelle lösemittelbasierte Prozesse** | 116 |
| 3.4.3.1 | Applying conventional solvent-based coating baths with die application and coating circuit | **Auftrag konventioneller Drahtlacke mit Lackbad Düsenabstreifung; Lackkreislaufführung** | 116 |
| 3.4.3.2 | Applying conventional solvent-based coatings with dosed coating supply and felt application | **Auftrag von Drahtlacken mit dosierter Lackzufuhr und Filzübertragung** | 116 |
| 3.4.3.3 | Applying conventional solvent-based lubricants using felts | **Auftrag konventioneller lösemittelbasierter Gleitmittel mit Filzen** | 117 |
| 3.4.4 | Conventional water-based emulsions | **Konventionelle wasserbasierter Emulsionen** | 118 |
| 3.4.5 | Replacement of conventional solvent-based materials (substitution) | **Ersatz konventioneller lösemittel-basierter Materialien (Substitution)** | 118 |
| 3.4.5.1 | High solids enamel coatings | **Highsolid- Drahtlackbeschichtungen** | 118 |
| 3.4.5.2 | Water-based enamel coatings | **Wasserbasierte Drahtlack-beschichtungen** | 119 |
| 3.4.5.3 | UV curing enamel coatings | **UV-härtende Drahtlackbeschichtungen** | 119 |
| 3.4.5.4 | Cresol-free enamel coatings | **Kresol-freie Drahtlackbeschichtungen** | 120 |
| 3.4.5.5 | Powder polyester enamel coatings | **Polyesterpulverhaltige Drahtbeschichtung** | 120 |
| 3.4.5.6 | Solvent-free lubricants | **Lösemittelfreie Gleitmittel** | 121 |
| 3.4.6 | Replacement of conventional solvent-based coating processes (substitution) | **Ersatz von konventionellen löse-mittelbasierten Beschichtungs-prozessen (Substitution)** | 122 |
| 3.4.6.1 | Extrusion enamel coatings | **Extrudieren des Drahtlacküberzuges** | 122 |
| 3.4.6.2 | Hot melt enamel coatings | **Hotmelt-Lackbeschichtungen** | 122 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.4.6.3 | 2-component epoxy enamel coatings | **2-Komponenten-Epoxidharzbeschichtungen** | 123 |
| 3.4.6.4 | Electrocoat enamel coatings | **Elektrophoretisch abscheidbare Drahtlacke** | 124 |
| 3.4.6.5 | Self-lubricating coatings | **Selbstgleitende Beschichtungen** | 124 |
| 3.4.7 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 125 |
| 3.4.7.1 | Waste gas from enamelling | **Abgas aus dem Einbrennprozess** | 125 |
| 3.4.7.2 | Lubrication | **Gleitmittelanwendung** | 126 |
| **4** | **MANUFACTURING OF ABRASIVES** | **HERSTELLUNG VON SCHLEIFMITTELN** | 127 |
| 4.1 | General information on the abrasives industry | Allgemeine Informationen zur Schleifmittelindustrie | 127 |
| 4.1.1 | Areas of application | Anwendungsbereiche | 127 |
| 4.1.2 | Production and sales | Herstellung und Verkauf | 127 |
| 4.1.3 | Characterisation of the product ‘abrasive’ and its quality demands | Produktbeschreibung “Schleifmittel” und seine Qualitätsanforderungen | 128 |
| 4.1.3.1 | Backing | Trägermaterialien | 129 |
| 4.1.3.2 | Bonding material | Binder/Klebematerial | 130 |
| 4.1.3.3 | Abrasive grain | Schleifkorn | 131 |
| 4.1.4 | Quality requirements | Qualitätsanforderungen | 133 |
| 4.2 | Applied processes and techniques in abrasives manufacturing | Angewendete Prozesse und Techniken bei der Herstellung von Schleifmiteln | 133 |
| 4.2.1 | Process overview | Prozessübersicht | 133 |
| 4.2.2 | Detailed process steps | Detaillierte Prozessschritte | 134 |
| 4.2.2.1 | Pretreatment of backings | Vorbehandlung der Unterlage | 134 |
| 4.2.2.2 | Coating of the backing with bonding materials | Beschichtung der Unterlage mit Bindemitteln | 135 |
| 4.2.2.3 | Coating of the backing with grain | Beschichtung der Unterlage mit dem Schleifkorn | 135 |
| 4.2.2.4 | Flexing | Biegen (Flexungen) | 136 |
| 4.2.3 | Components of installations and required differentiation | Anlagenkomponenten und erforderliche Anlagendifferenzierungen | 136 |
| 4.3 | Current consumption and emission levels in abrasives manufacturing | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte bei der Herstellung von Schleifmitteln | 137 |
| 4.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 137 |
| 4.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 140 |
| 4.3.3 | Emissions | Emissionen | 140 |
| 4.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 140 |
| 4.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 141 |
| 4.3.3.3 | Waste | Abfall | 141 |
| 4.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the manufacturing of abrasives | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für die Herstellung von Schleifmitteln zu berücksichtigen sind** | 141 |
| 4.4.1 | Conventional solvent-based bonding materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Bindemittel** | 142 |
| 4.4.2 | Substitution of conventional solvent-based bonding materials | **Substitution konventioneller lösemittelbasierter Bindemittel** | 143 |
| 4.4.2.1 | Solvent-free bonding materials | **Lösemittelfreie Bindemittel** | 143 |
| 4.4.3 | Drying | **Trocknen** | 143 |
| 4.4.3.1 | Convection drying | **Konvektionstrockner** | 143 |
| 4.4.3.2 | Electromagnetic drying | **Elektromagnetisches Trocknen** | 143 |
| 4.4.4 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 144 |
| 4.4.4.1 | Increase of the internal solvent concentration | **Interne Lösemittelaufkonzentrierung** | 144 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.4.4.2 | Containment and collection of waste gases | **Einhausung und Erfassung des Abgases** | 144 |
| 4.4.4.3 | Dry filter systems | **Trockenfiltersysteme** | 144 |
| 4.4.4.4 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 144 |
| 4.4.4.5 | Regenerative thermal oxidation | **Regenerative thermische Nachverbrennung** | 144 |
| 4.4.4.6 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 144 |
| 4.4.5 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 145 |
| **5** | **MANUFACTURING OF ADHESIVE TAPE** | **HERSTELLUNG VON KLEBEBÄNDERN** | 147 |
| 5.1 | General information on the manufacturing of adhesive tape | Allgemeine Informationen über die Herstellung von Klebebändern | 147 |
| 5.1.1 | Applications of pressure-sensitive adhesives | Auftrag von Haftklebstoffen | 147 |
| 5.2 | Applied processes and techniques in adhesive tape manufacturing | Angewendete Prozesse und Techniken bei der Herstellung von Klebebändern | 148 |
| 5.2.1 | Construction of adhesive tapes | Aufbau von Klebebändern | 148 |
| 5.2.2 | Materials for the production of adhesive tapes | Einsatzstoffe zur Herstellung von Klebebändern | 148 |
| 5.2.3 | Production process of adhesive tapes | Produktionsprozesse von Klebebändern | 150 |
| 5.3 | Current consumption and emission levels adhesive tape manufacturing | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionsdaten bei der Herstellung von Klebebändern | 153 |
| 5.3.1 | VOC emission balance | VOC-Emissionsbilanz | 156 |
| 5.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the manufacturing of adhesive tape | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Herstellung von Klebebändern zu berücksichtigen sind** | 157 |
| 5.4.1 | Conventional solvent-based adhesives | **Konventionelle lösemittelhaltige Klebstoffe** | 157 |
| 5.4.2 | Replacement of conventional solvent-based adhesives (substitution) | **Ersatz konventioneller lösemittelhaltiger Klebstoffe (Substitution)** | 158 |
| 5.4.2.1 | Hot melts adhesives | **Hotmelt-Klebstoffe** | 158 |
| 5.4.2.2 | Water-based adhesives | **Wasserbasierte Klebstoffe** | 158 |
| 5.4.2.3 | UV curing adhesives | **UV-härtende Klebstoffe** | 159 |
| 5.4.3 | Replacement of conventional solvent-based adhesives manufacturing (substitution) | **Ersatz der Herstellung konventioneller lösemittelhaltiger Klebstoffe (Substitution)** | 159 |
| 5.4.3.1 | Solvent-free manufacturing of adhesive tape | **Lösemittelfreie Herstellung von Klebebändern** | 159 |
| 5.4.4 | Drying | **Trocknen** | 160 |
| 5.4.4.1 | Inert gas convection drying | **Inertgas-Konvektionstrocknung** | 160 |
| 5.4.4.2 | Infrared radiation curing | **Infrarot-Trocknung** | 160 |
| 5.4.4.3 | Ultraviolet (UV) curing | **Ultraviolet-(UV-) Trocknung** | 161 |
| 5.4.4.4 | Electron beam curing (EB) | **Elektronenstrahltrocknung (ES)** | 161 |
| 5.4.5 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 161 |
| 5.4.5.1 | Condensation (refrigeration) | **Kondensation (Kühlung)** | 161 |
| 5.4.5.2 | Adsorption to activated carbon and recovery on-site | **Adsorption an Aktivkohle und Rückgewinnung in der Anlage** | 161 |
| **6** | **COATING OF CARS** | **AUTOMOBILSERIEN-LACKIERUNG** | 163 |
| 6.1 | General information on the car industry | Allgemeine Informationen über die Automobilindustrie | 163 |
| 6.1.1 | Production and sale figures | Produktions- und Verkaufszahlen | 163 |
| 6.2 | Applied processes and techniques in the car industry | In der Automobilindustrie angewendete Prozesse und Techniken | 164 |
| 6.2.1 | Quality requirements | Qualitätsanforderungen | 164 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6.2.2 | Serial coating | Automobilserienlackierung | 165 |
| 6.2.3 | Applied coating materials | Verwendete Lackmaterialien | 166 |
| 6.2.4 | Coating processes | Lackierprozesse | 166 |
| 6.2.4.1 | Coating application techniques | Lackauftragsverfahren | 166 |
| 6.2.4.2 | Description of the process steps | Beschreibung der Prozessschritte | 167 |
| 6.2.4.2.1 | Pretreatment | Vorbehandlung | 167 |
| 6.2.4.2.2 | Electrocoating | Elektro- oder Kataphoretische Tauchlckierung (KTL) | 167 |
| 6.2.4.2.3 | Seam sealing and underbody protection | Schweißnahtabdichtung und Unterbodenschutz | 168 |
| 6.2.4.2.4 | Application of the primer | Füllerauftrag | 168 |
| 6.2.4.2.5 | Cleaning | Reinigung | 169 |
| 6.2.4.2.6 | Types of topcoatings and their application | Decklacktypen und –applikation | 169 |
| 6.2.4.2.7 | Drying and curing | Trocknung und Härtung | 170 |
| 6.2.4.2.8 | Cavity conservation | Hohlraumkonservierung | 171 |
| 6.2.4.2.9 | Rework | Nachreparaturen | 171 |
| 6.2.4.2.10 | Transport conservation | Transportkonservierung | 171 |
| 6.3 | Current consumption and emission levels in the car industry | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte der Automobilindustrie | 171 |
| 6.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 171 |
| 6.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 172 |
| 6.3.2.1 | Materials | Materialien | 172 |
| 6.3.2.2 | Water | Wasser | 173 |
| 6.3.2.3 | Energy | Energie | 173 |
| 6.3.3 | Emissions | Emissionen | 174 |
| 6.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 174 |
| 6.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 177 |
| 6.3.3.3 | Waste | Abfall | 178 |
| 6.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of cars | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Lackierung von Automobilen zu berücksichtigen sind** | 178 |
| 6.4.1 | Coating systems | **Lacksysteme** | 179 |
| 6.4.2 | Conventional solvent-based materials | **Herkömmliche lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe** | 180 |
| 6.4.3 | Substitution of solvent-based materials | **Substitution von lösemittelhaltigen Lacken** | 181 |
| 6.4.3.1 | Water-based paint systems | **Wasserverdünnbare Lacksysteme** | 181 |
| 6.4.3.2 | Powder coating | **Pulverlacke** | 182 |
| 6.4.3.3 | Powder slurry coating | **Pulverslurry** | 183 |
| 6.4.4 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Versorgungstechniken** | 184 |
| 6.4.4.1 | Paint application by immersion | **Lackauftrag durch Tauchen** | 184 |
| 6.4.5 | Spray booths | **Spritzkabine** | 185 |
| 6.4.6 | Minimisation of raw material consumption | **Verminderung des Rohstoffverbrauchs** | 185 |
| 6.4.6.1 | Recovery of used solvents | **Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln** | 185 |
| 6.4.7 | Drying techniques | **Trocknungsverfahren** | 185 |
| 6.4.8 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 185 |
| 6.4.9 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 185 |
| **7** | **COATING OF VANS, TRUCKS, AND Truck cabs** | **LACKIEREN VON NUTZFAHRZEUGEN; LKWS UND LKW-KABINEN** | 187 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7.1 | General information on the coating of vans, trucks and truck cabs | Allgemeine Informationen über das Lackieren von Nutzfahrzeugen, LKWs und LKW-Kabinen | 187 |
| 7.2 | Applied processes and techniques in the coating of vans, trucks and truck cabs | Bei der Lackierung von Vans, LKWs und LKW-Kabinen angewendeten Prozesse und Techniken | 187 |
| 7.2.1 | Drivers cabs and light commercial vehicles | Fahrerkabinen und leichte Nutzfahrzeuge | 187 |
| 7.2.2 | Coating of truck chassis | Lackieren von LKW-Karosserien | 188 |
| 7.2.3 | Painting of axles | Lackieren von Achsen | 189 |
| 7.3 | Current consumption and emission levels in the coating of vans, trucks and truck cabs | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Vans, LKWs und LKW-Kabinen | 189 |
| 7.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 189 |
| 7.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 190 |
| 7.3.2.1 | Materials | Materialien | 190 |
| 7.3.2.2 | Water | Wasser | 190 |
| 7.3.2.3 | Energy | Energie | 190 |
| 7.3.3 | Emissions | Emissionen | 191 |
| 7.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 191 |
| 7.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 192 |
| 7.3.3.3 | Waste | Abfall | 192 |
| 7.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of vans, trucks and truck cabs | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Kleinlastwagen (Van), Lastkraftwagen (LKW)und LKW-Kabinen zu berücksichtigen sind** | 193 |
| 7.4.1 | Conventional solvent-based materials | **Herkömmliche lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 194 |
| 7.4.2 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Materialien (Substitution)** | 194 |
| 7.4.2.1 | Water-based paint systems | **Wasserbasierte Lacksysteme** | 194 |
| 7.4.3 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Versorgungstechniken** | 195 |
| 7.4.3.1 | Electrocoating | **Elektrophoretische Tauchlackierung** | 195 |
| 7.4.3.2 | High volume low pressure spraying (HVLP) | **Niederdruckspritzlackieren (HVLP)** | 195 |
| 7.4.3.3 | Electrostatically atomising spray processes | **Elektrostatisch zerstäubende Verfahren** | 196 |
| 7.4.3.4 | Electrostatically assisted high rotation bells | **Elektrostatische Hochrotationsglocken** | 196 |
| 7.4.3.5 | Wet separation spray booths | **Spritzkabinen mit Nassabscheidung** | 196 |
| 7.4.4 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 196 |
| 7.4.4.1 | Oxidation | **Nachverbrennung** | 196 |
| 7.4.4.2 | Adsorption to activated carbon | **Adsorption an Aktivkohle** | 197 |
| 7.4.5 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 197 |
| **8** | **COATING OF BUSES** | **LACKIEREN VON BUSSEN** | 199 |
| 8.1 | General information on the coating of buses | Allgemeine Informationen zum Lackieren von Bussen | 199 |
| 8.2 | Applied processes and techniques in the coating of buses | Angewendete Prozesse und Techniken beim Lackieren von Bussen | 199 |
| 8.2.1 | Pretreatment | Vorbehandlung | 199 |
| 8.2.2 | Ground coating/dip coating | Grundierung/Tauchlackierung | 199 |
| 8.2.3 | Underbody protection and seam sealing | Unterboden- und Schweißnahtschutz | 199 |
| 8.2.4 | Application of the primer | Primerauftrag | 200 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8.2.5 | Application of the topcoat | Decklackauftrag | 200 |
| 8.2.6 | Cavity sealing | Hohlraumkonservierung | 200 |
| 8.2.7 | Alternative systems and abatement techniques | Alternative Systeme und Behandlungstechniken | 200 |
| 8.2.8 | Examples of coating installations for buses | Beispiele für Lackieranlagen von Bussen | 201 |
| 8.3 | Current consumption and emission levels in the coating of buses | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Bussen | 202 |
| 8.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 202 |
| 8.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 202 |
| 8.3.2.1 | Materials | Materialien | 202 |
| 8.3.2.2 | Water | Wasser | 203 |
| 8.3.2.3 | Energy | Energie | 203 |
| 8.3.3 | Emissions | Emissionen | 203 |
| 8.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 203 |
| 8.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 204 |
| 8.3.3.3 | Waste | Abfall | 204 |
| 8.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of buses | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Bussen zu berücksichtigen sind** | 204 |
| 8.4.1 | Conventional solvent-based materials | **Herkömmliche lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 205 |
| 8.4.2 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz lösemittelbasierter Materialien (Substitution)** | 206 |
| 8.4.2.1 | Water-based paint systems | **Wasserbasierte Lacksysteme** | 206 |
| 8.4.2.2 | High solid paints | **Feststoffreiche Lacke (High-Solid-Lacke)** | 206 |
| 8.4.3 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und –Lackversorgungstechniken** | 207 |
| 8.4.3.1 | Electrocoating (e-coat) | **Elektrophoretische Tauchlackierung** | 207 |
| **9** | **COATING OF TRAINS** | **LACKIEREN VON SCHIENENFAHRZEUGEN** | 209 |
| 9.1 | General information on the coating of trains | Allgemeine Inforamtionen über das Lackieren von Schienenfahrzeugen | 209 |
| 9.2 | Applied processes and techniques in the coating of trains | Angewendete Prozesse und Techniken beim Lackieren von Schienenfahrzeugen | 209 |
| 9.3 | Current consumption and emission levels in the coating of trains | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Schienenfahrzeugen | 211 |
| 9.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 211 |
| 9.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 211 |
| 9.3.2.1 | Materials | Materialien | 211 |
| 9.3.2.2 | Water | Wasser | 212 |
| 9.3.2.3 | Energy | Energie | 212 |
| 9.3.3 | Emissions | Emissionen | 212 |
| 9.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 212 |
| 9.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 213 |
| 9.3.3.3 | Waste | Abfall | 213 |
| 9.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of trains | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Schienenfahrzeugen zu berücksichtigen sind** | 213 |
| 9.4.1 | Conventional solvent-based materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 214 |
| 9.4.2 | Substitution of solvent-based materials | **Substitution lösemittelbasierter Beschichtungsstoffe** | 215 |
| 9.4.2.1 | Water-based paints | **Wasserbasierte Lacke** | 215 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9.4.2.2 | High solid paints | **Highsolid-Lacke** | 215 |
| 9.4.2.3 | Coil coated materials | **Bandbeschichtete Materialien** | 216 |
| 9.4.3 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und – Ver-sorgungstechniken** | 216 |
| 9.4.3.1 | Conventional high and low pressure spraying | **Konventionelles Hoch- und Niederdruckspritzen** | 216 |
| 9.4.3.2 | High volume low pressure spraying (HVLP) | **Niederdruckspritzverfahren (HVLP)** | 216 |
| 9.4.3.3 | Airless spraying | **Airlesszerstäubung** | 216 |
| 9.4.3.4 | Electrostatically assisted compressed air, airless and air assisted spraying | **Elektrostatische Druckluft, Airless- und Airmixspritzverfahren** | 216 |
| 9.4.3.5 | Wet separation spray booths | **Spritzkabinen mit Nassauswaschung** | 216 |
| 9.4.4 | Minimisation of raw material consumption | **Verminderung des Rohstoffverbrauches** | 217 |
| 9.4.5 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 217 |
| 9.4.5.1 | Ultra and nanofiltration | **Ultra- und Nanofiltration** | 217 |
| 9.4.6 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 217 |
| 9.4.6.1 | Venturi particle separation | **Partikelabscheidung mit Venturisystemen** | 217 |
| 9.4.6.2 | Scrubber | **Wäscher** | 217 |
| 9.4.6.3 | Dry filter systems | **Trockenfiltersysteme** | 217 |
| 9.4.6.4 | Electrostatic filter | **Elektrofilter** | 217 |
| 9.4.6.5 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 217 |
| **10** | **COATING OF AGRICULTURAL AND CONSTRUCTION EQUIPMENT** | **LACKIEREN VON LAND- UND BAUMASCHINEN** | 219 |
| 10.1 | General information on the coating of agricultural and construction equipment | Allgemeine Inforamtionen über das Lackieren von Land- und Baumaschinen | 219 |
| 10.2 | Applied processes and techniques in the coating of agricultural and construction equipment | Beim Lackieren von Land- und Baumaschinen verwendete Prozesse und Techniken | 219 |
| 10.3 | Current consumption and emission levels in the coating of agricultural and construction equipment | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Land- und Baumaschinen | 220 |
| 10.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 220 |
| 10.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 220 |
| 10.3.2.1 | Materials | Materialien | 220 |
| 10.3.2.2 | Water | Wasser | 220 |
| 10.3.2.3 | Energy | Energie | 221 |
| 10.3.3 | Emissions | Emissionen | 221 |
| 10.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 221 |
| 10.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 221 |
| 10.3.3.3 | Waste | Abfall | 221 |
| 10.4 | Techniques to consider in the determination of BAT on the coating of agricultural and construction equipment | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Landma-schinen und Baumaschinen zu berücksichtigen sind** | 221 |
| 10.4.1 | Conventional solvent-based materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 222 |
| 10.4.2 | Replacement (substitution) and reduction of solvent-based materials | **Ersatz (Substitution) und Minderung lösemittelbasierter Beschichtungsstoffe** | 223 |
| 10.4.2.1 | Water-based paint systems | **Wasserbasierte Lacksysteme** | 223 |
| 10.4.2.2 | Powder coating | **Pulverbeschichtung** | 223 |
| 10.4.2.3 | Coil coated material | **Bandbeschichtetes Material** | 224 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10.4.3 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Lackversorgungstechniken** | 224 |
| 10.4.3.1 | Conventional dipping | **Konventionelles Tauchen** | 224 |
| 10.4.3.2 | Electrocoating (e-coat) | **Elektrophoretische Tauchlackierung** | 225 |
| 10.4.3.3 | High volume low pressure spraying (HVLP) | **Niederdruckspritzlackieren (HVLP)** | 225 |
| 10.4.4 | Training | **Ausbildung/Training** | 226 |
| 10.4.5 | Batch painting/colour grouping | **Chargenlackierung/ Farbgruppierung** | 226 |
| 10.4.6 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 226 |
| 10.4.7 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 226 |
| **11** | **COATING OF SHIPS AND YACHTS** | **LACKIEREN/BESCHICHTEN VON SCHIFFEN UND YACHTEN** | 227 |
| 11.1 | General information on the coating of ships and yachts | Allgemeine Informationen über das Lackieren von Schiffen und Yachten | 227 |
| 11.2 | Applied processes and techniques in the coating of ships and yachts | Beim Lackieren von Schiffen und Yachten angewendete Techniken und Prozesse | 227 |
| 11.2.1 | New construction | Neubau | 228 |
| 11.2.2 | Ship repair and ship maintenance | Schiffsreparatur und Schiffswartung | 228 |
| 11.2.3 | Coating of ships | Lackieren von Schiffen | 228 |
| 11.2.4 | Coating repair and maintenance of yachts | Lackreparatur und-wartung bei Yachten | 230 |
| 11.3 | Current consumption and emission levels in the coating of ships and yachts | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Schiffen und Yachten | 231 |
| 11.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 231 |
| 11.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 231 |
| 11.3.2.1 | Materials | Materialien | 231 |
| 11.3.2.2 | Water | Wasser | 231 |
| 11.3.2.3 | Energy | Energie | 231 |
| 11.3.3 | Emissions | Emissionen | 232 |
| 11.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 232 |
| 11.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 232 |
| 11.3.3.3 | Waste | Abfall | 233 |
| 11.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of ships and yachts | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Schiffen und Yachten zu berücksichtigen sind** | 233 |
| 11.4.1 | Management systems – dock discipline | **Managementsysteme – Arbeitsanweisungen für Dockanlagen** | 234 |
| 11.4.2 | Enclosure techniques | **Techniken zur Einhausung** | 235 |
| 11.4.2.1 | Open areas | **Offene Bereiche** | 235 |
| 11.4.2.2 | Partially enclosed areas, windbreaks, spray curtains, etc. | **Teilweise eingehauste Bereiche, Windstopper, Sprühvorhänge, usw.** | 235 |
| 11.4.2.3 | Fully enclosed areas | **Vollständig eingehauste Bereiche** | 236 |
| 11.4.3 | Surface preparation | **Oberflächenvorbehandlung** | 237 |
| 11.4.3.1 | Dry blasting – open system | **Trockenstrahlarbeiten – offene Systeme** | 237 |
| 11.4.3.2 | Dry blasting – closed system, vacuum or shroud blasting | **Trockenstrahlen – geschlossenes System, Vakuum- oder Gehäusestrahlen** | 238 |
| 11.4.3.3 | High pressure fresh water jetting or blasting | **Hochdruckwasserstrahlen** | 238 |
| 11.4.3.4 | Wet or slurry blasting | **Feuchtstrahlen** | 239 |
| 11.4.3.5 | Other surface treatments | **Andere Oberflächenbehandlungen** | 239 |
| 11.4.4 | Coating materials | **Beschichtungsstoffe** | 240 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11.4.4.1 | Conventional solvent-based coating materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 240 |
| 11.4.4.2 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungsstoffen (Substitution)** | 241 |
| 11.4.4.2.1 | Water-based paints | **Wasserbasierte Lacke** | 241 |
| 11.4.4.2.2 | High solid paints | **Highsolid-Lacke** | 242 |
| 11.4.5 | Additional corrosion protection – cathodic protection | **Zusätzlicher Korrosionsschutz - kathodischer Korrosionsschutz** | 242 |
| 11.4.6 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Lackversorgungstechniken** | 243 |
| 11.4.6.1 | Airless spraying | **Airlessspritzen** | 243 |
| 11.4.6.2 | Hot spraying | **Heißspritzen** | 243 |
| 11.4.6.3 | Integrated air extraction at the point of application | **Integrierte Luftabsaugung an der Stelle des Auftrags** | 244 |
| 11.4.7 | Alternatives to antifouling paints based on biocides | **Alternativen zu biozidhaltigen Antifoulingfarben** | 244 |
| 11.4.7.1 | Fouling release coatings based on silicones | **Antihaftbeschichtungen auf Silikonbasis (Antifouling)** | 244 |
| 11.4.7.2 | Mechanical methods | **Mechanische Methoden** | 245 |
| 11.4.7.3 | Electrochemical processes | **Elektrochemische Prozesse** | 245 |
| 11.4.8 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 246 |
| 11.4.9 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 247 |
| 11.4.10 | Waste management | **Abfallmanagement** | 247 |
| **12** | **COATING OF AIRCRAFT** | **LACKIEREN VON FLUGZEUGEN** | 249 |
| 12.1 | General information on the coating of aircraft | Allgemeine Informationen über das Lackieren von Flugzeugen | 249 |
| 12.2 | Applied processes and techniques in the coating of aircraft | Beim Lackieren von Flugzeugen angewendete Prozesse und Techniken | 249 |
| 12.2.1 | Construction | Konstruktion | 249 |
| 12.2.1.1 | Painting of components | Lackieren von Teilen | 249 |
| 12.2.1.2 | Painting of exterior surfaces | Lackieren der Außenflächen | 250 |
| 12.2.1.3 | Temporary corrosion protection | Temporärer Korrosionsschutz | 250 |
| 12.2.2 | Maintenance | Wartung | 251 |
| 12.2.2.1 | Paint removal | Entlackung | 251 |
| 12.2.2.2 | Cleaning | Reinigung | 251 |
| 12.2.2.3 | Pretreatment | Vorbehandlung | 251 |
| 12.2.2.4 | Primer | Primer | 251 |
| 12.2.2.5 | Topcoat | Decklack | 252 |
| 12.2.2.6 | Clear coat | Klarlack | 252 |
| 12.3 | Current consumption and emission levels in the coating of aircraft | Altuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Flugzeugen | 252 |
| 12.3.1 | Construction | Konstruktion | 252 |
| 12.3.1.1 | Material consumption | Materialverbrauch | 252 |
| 12.3.1.2 | Water consumption | Wasserverbrauch | 253 |
| 12.3.1.3 | Energy consumption | Energiebedarf | 253 |
| 12.3.1.4 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 253 |
| 12.3.1.5 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 253 |
| 12.3.1.6 | Waste | Abfall | 253 |
| 12.3.2 | Maintenance | Wartung | 253 |
| 12.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating of aircraft | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Flugzeugen zu berücksichtigen sind** | 254 |
| 12.4.1 | Conventional solvent-based materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 255 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12.4.2 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungsstoffen (Substitution)** | 256 |
| 12.4.2.1 | High solid paints | **Highsolid-Lacke** | 256 |
| 12.4.3 | Replacement of hexavalent chromating (substitution) | **Ersatz von sechswertigem Chrom (Substitution)** | 256 |
| 12.4.4 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Lackversorgungstechniken** | 257 |
| 12.4.4.1 | Electrostatically assisted spraying | **Elektrostatisch unterstütztes Spritzen** | 257 |
| 12.4.4.2 | Wet separation spray booths | **Spritzkabine mit Nassabscheidung** | 257 |
| 12.4.4.3 | Components painting – enclosure and automated application | **Komponentenlackierung – Einhausung und automatisierter Auftrag** | 257 |
| 12.4.5 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 257 |
| 12.4.5.1 | Venturi particle separation | **Partikelabscheidung mit Venturisystem** | 257 |
| 12.4.5.2 | Scrubber | **Wäscher** | 258 |
| 12.4.5.3 | Treatment of waste gases from body painting | **Behandlung von Abgas aus der Rumpflackierung** | 258 |
| **13** | **COATING OF OTHER METAL SURFACES** | **LACKIEREN ANDERER METALLOBERFLÄCHEN** | 259 |
| 13.1 | General information on the coating of other metal surfaces | Allgemeine Informationen über das Lackieren von anderen Metalloberflächen | 259 |
| 13.2 | Applied processes and techniques | Angewendete Prozesse und Techniken | 259 |
| 13.3 | Current consumption and emissions levels | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte | 259 |
| 13.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for serial painting of other metal surfaces | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Serienlackierung von anderen Metalloberflächen zu berücksichtigen sind** | 260 |
| 13.4.1 | New multiple coating systems for the painting of aluminium rims/wheels | **Neue Mehrfach-Lacksysteme zur Lackierung von Aluminiumfelgen/-rädern** | 261 |
| **14** | **COIL COATING INDUSTRIES** | **BANDBESCHICHTUNG** | 265 |
| 14.1 | General information on coil coating | Allgemeine Informationen über die Bandbeschichtung | 265 |
| 14.1.1 | The size of the coil coating industry | Größe des Industriesektors | 265 |
| 14.2 | Applied processes and techniques in coil coating | Angewendete Prozesse und Techniken bei der Bandbeschichtung | 266 |
| 14.2.1 | Typical coil coating line process description | Beschreibung typischer Band-beschichtungsprozesse | 267 |
| 14.2.1.1 | Entry | Abhaspel | 267 |
| 14.2.1.2 | Leveller | Richtmaschine | 267 |
| 14.2.1.3 | Accumulator | Haftmaschine | 268 |
| 14.2.1.4 | Cleaning section | Bandreinigung | 268 |
| 14.2.1.5 | Conversion coating (pretreatment) | Umkehrbeschichtung (Vorbehandlung) | 268 |
| 14.2.1.6 | Prime coat application | Primer-Schichtauftrag | 268 |
| 14.2.1.7 | Finish coat application | Finish-Schichtauftrag | 268 |
| 14.2.1.8 | Embosser/laminator | Kaschierstation | 269 |
| 14.2.1.9 | Cooling systems | Kühlanlage | 269 |
| 14.2.1.10 | Exit | Aufhaspel | 269 |
| 14.2.2 | Coating types | Beschichtungsarten | 269 |
| 14.3 | Current consumption and emission levels in coil coating | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte | 271 |
| 14.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 271 |
| 14.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 271 |
| 14.3.2.1 | Materials | Materialien | 271 |
| 14.3.2.2 | Water | Wasser | 274 |
| 14.3.2.3 | Energy | Energie | 275 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14.3.3 | Emissions | Emissionen | 275 |
| 14.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 275 |
| 14.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 277 |
| 14.3.3.3 | Waste | Abfall | 277 |
| 14.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for coil coating | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für die Bandbeschichtung zu berücksichtigen sind** | 278 |
| 14.4.1 | Water management | **Wassermanagement** | 279 |
| 14.4.1.1.1 | Re-use of water within the plant | **Wiederverwendung von Wasser innerhalb der Anlage** | 279 |
| 14.4.1.1.2 | Monitoring rinsing water before discharge by conductivity measurements | **Überwachung des Spülwassers vor dem Ableiten durch Leitfähigkeitsmessungen** | 279 |
| 14.4.1.2 | Reverse cascade rinsing | **Gegenstromkaskadenspülen** | 279 |
| 14.4.2 | Conventional solvent-based coatings | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungen** | 279 |
| 14.4.3 | Replacement of solvent-based coatings (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungen (Substitution)** | 280 |
| 14.4.3.1 | High solid coatings | **Highsolid-Beschichtungen** | 280 |
| 14.4.3.2 | Water-based coatings | **Wasserbasierte Lacke** | 281 |
| 14.4.3.3 | Powder coatings | **Pulverbeschichtungen** | 281 |
| 14.4.3.4 | Laminate film coatings | **Folienbeschichtung** | 282 |
| 14.4.4 | Coating application techniques and equipment | **Beschichtungsauftragstechniken und Versorgungstechniken** | 283 |
| 14.4.4.1 | Roller coating | **Walzenauftrag** | 283 |
| 14.4.4.2 | Cleaning of application equipment | **Reinigen der Auftragsgeräte/ ausrüstungen** | 284 |
| 14.4.5 | Conversion coatings | **Konversionsschichten** | 284 |
| 14.4.5.1 | Conversion coating containing chrome | **Chromhaltige Konversionsschichten** | 284 |
| 14.4.5.2 | Chrome-free conversion coatings | **Chromfreie Konversionsschichten** | 284 |
| 14.4.6 | Application of conversion coatings | **Auftrag von Konversionsschichten** | 285 |
| 14.4.6.1 | 'Spray, squeegee and rinse' application | **'Spritz-, Rakel-und Gieß-' auftrag** | 285 |
| 14.4.6.2 | 'No rinse' or 'dry in place' application | **‚No-rinse-Verfahren' oder Vor-Ort-Trocknen** | 285 |
| 14.4.7 | Drying | **Trocknen** | 286 |
| 14.4.7.1 | Convection drying or curing | **Konvektionstrocknen oder Härten** | 286 |
| 14.4.7.2 | Radiation curing processes | **Strahlungshärteprozesse** | 286 |
| 14.4.8 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 286 |
| 14.4.8.1 | Air extraction from conversion coatings station | **Abluftabsaugung aus Konversionsbeschichtung** | 286 |
| 14.4.8.2 | Air seals on the entrance and the exit of the ovens/driers | **Abdichtungen am Eingang und Ausgang der Öfen/Trockner** | 287 |
| 14.4.8.3 | Negative pressure in drying | **Trocknen mit Unterdruck** | 287 |
| 14.4.8.4 | Air extraction from coating preparation | **Abluftabsaugung bei der Vorbereitung der Beschichtung** | 287 |
| 14.4.8.5 | Air extraction from the paint application station | **Abluftabsaugung an der Lackauftragsstation** | 287 |
| 14.4.8.6 | Air extraction from the oven/drier | **Abluftabsaugung aus dem Ofen/Trockner** | 288 |
| 14.4.8.7 | Air extraction from the cooling zone | **Abluftabsaugung aus der Kühlzone** | 288 |
| 14.4.8.8 | Recuperative thermal oxidation | **Rekuperative thermische Nachverbrennung** | 289 |
| 14.4.8.9 | Regenerative thermal oxidation – dual bed | **Regenerative thermische Nachverbrennung – Doppelbett** | 289 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14.4.9 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 289 |
| 14.4.9.1 | Treatment of rinse-water before discharge | **Behandlung des Spülwassers vor dem Ablauf** | 289 |
| 14.4.9.2 | Treatment of waste water containing chromate | **Behandlung Chromat-haltiger Abwässer** | 290 |
| 14.4.9.3 | Hydroxide precipitation | **Hydroxidfällung** | 291 |
| 15 | **COATING AND PRINTING OF METAL PACKAGING** | **BESCHICHTEN UND BEDRUCKEN VON METALLVERPACKUNGEN** | 293 |
| 15.1 | General information | Allgemeine Informationen | 293 |
| 15.2 | Applied processes and techniques in the coating and printing of metal packaging | Beim Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen angewendete Prozesse und Techniken | 295 |
| 15.2.1 | Two piece can manufacture (DWI) | Herstellung zweiteiliger Dosen (DWI-Dosen) | 295 |
| 15.2.2 | Flat sheet coating and priming | Grundieren und Beschichten von Blechen | 297 |
| 15.2.3 | Three piece can manufacture | Herstellung dreiteiliger Dosen | 298 |
| 15.2.4 | End, cap and closure manufacture | Herstellung von Enden, Kappen und Verschlüssen | 299 |
| 15.2.5 | Extruded aluminium tubes manufacture | Herstellung stranggepresster Aluminiumröhren | 300 |
| 15.2.6 | Drum manufacture | Fassherstellung | 302 |
| 15.3 | Current consumption and emission levels in the coating and printing of metal packaging | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen | 303 |
| 15.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 303 |
| 15.3.2 | Consumption and emissions data | Verbrauchs- und Emissionsdaten | 303 |
| 15.3.3 | Consumptions | Verbräuche | 305 |
| 15.3.3.1 | Materials | Materialien | 305 |
| 15.3.3.2 | Water | Wasser | 308 |
| 15.3.3.3 | Energy | Energie | 308 |
| 15.3.4 | Emissions | Emissionen | 309 |
| 15.3.4.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 309 |
| 15.3.4.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 311 |
| 15.3.4.3 | Waste | Abfall | 311 |
| 15.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the coating and printing of metal packaging | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für das Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen zu berücksichtigen sind** | 312 |
| 15.4.1 | Conventional solvent-based coating and ink systems | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungen und Druckfarben** | 312 |
| 15.4.1.1 | Solvent-based inks in two piece DWI can manufacture | **Lösemittelbasierte Druckfarben bei der Herstellung von DWI- Getränkedosen** | 313 |
| 15.4.2 | Replacement of coatings and inks containing solvents (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungen und Druckfarben (Substitution)** | 314 |
| 15.4.2.1 | Water/solvent-based coating and ink systems | **Wasser-/lösemittelbasierte Beschichtungs- und Druckfarbensysteme** | 314 |
| 15.4.2.2 | Water-based coating systems and compounds in metal packaging manufacture based on sheetfed technology | **Wasserbasierte Beschichtungssysteme und Verbundstoffe (compounds) bei der Metallverpackungsherstellung mit Blechbogentechnologie** | 315 |
| 15.4.2.3 | Sheetfed coating | **Bogenoffsetbeschichtung** | 315 |
| 15.4.2.4 | Liquid side stripe | **Flüssige Seitennahtbeschichtung** | 316 |
| 15.4.2.5 | Repair spray | **Reparaturlackierung** | 316 |
| 15.4.2.6 | Powder spray side strip coating | **Pulverbeschichtung der Seitennaht** | 317 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15.4.2.7 | Coil coated materials | **Bandbeschichtetes Material** | 317 |
| 15.4.2.8 | Pre-coated coil | **Vorbeschichtetes Bandblech** | 318 |
| 15.4.2.9 | UV compounds (varnish and inks) | **UV-Compounds (Glanzlack und Druckfarben)** | 318 |
| 15.4.3 | Application of coatings and ink | **Auftrag von Beschichtungen und Druckfarben** | 319 |
| 15.4.3.1 | Rollers for two piece DWI can manufacture | **Rollwalzbeschichtung zur Herstellung von DWI-Dosen** | 319 |
| 15.4.3.2 | Rollers for sheetfed technology | **Rollwalzbeschichtung für die Bogentechnologie** | 319 |
| 15.4.3.3 | Rollers for aluminium extruded tube manufacture | **Rollen zur Herstellung strang-gepresster Aluminiumtuben** | 320 |
| 15.4.3.4 | Compressed air spraying | **Druckluftspritzen** | 320 |
| 15.4.3.5 | Airless spraying | **Airlessspritzen** | 321 |
| 15.4.3.6 | Electrostatic spraying | **Elektrostatisches Spritzen** | 321 |
| 15.4.3.7 | Powder spraying | **Pulverbeschichtung** | 322 |
| 15.4.3.8 | Curtain coater | **Vorhanggießen** | 322 |
| 15.4.3.9 | Radiation curing | **Strahlungshärten** | 323 |
| 15.4.4 | Printing | **Bedrucken** | 323 |
| 15.4.4.1 | Lithographic (wet offset) for sheetfed technology | **Lithografie (Offsetdruck) bei der Bogentechnologie** | 323 |
| 15.4.4.2 | Waterless lithographic | **Wasserloser Trockenoffset** | 323 |
| 15.4.4.3 | Waterless offset lithography for aluminium extruded tube manufacture | **Wasserloser Trockenoffsetdruck bei der Herstellung tiefgezogenen Aluminiumtuben** | 324 |
| 15.4.5 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 324 |
| 15.4.5.1 | Dry filter systems | **Trockenfiltersysteme** | 324 |
| 15.4.5.2 | Electrostatic filter | **Elektrofilter** | 324 |
| 15.4.5.3 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 325 |
| 15.4.5.4 | Catalytic oxidation | **Katalytische Nachverbrennung** | 325 |
| 15.4.5.5 | Adsorption to activated carbon | **Adsorption an Aktivkohle** | 325 |
| 15.4.5.6 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 325 |
| 15.4.6 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 325 |
| 15.4.6.1 | Flocculation/sedimentation | **Flockung/Fällung** | 325 |
| 15.4.6.2 | Ultra and nanofiltration | **Ultra- und Nanofiltration** | 325 |
| **16** | **COATING OF PLASTIC WORKPIECES** | **BESCHICHTEN/LACKIEREN VON KUNSTSTOFFWERKSTÜCKEN** | 327 |
| 16.1 | General information on the coating of plastic workpieces | Allgemeine Informationen über das Beschichten von Kunststoffwerkstücken | 327 |
| 16.2 | Applied processes and techniques in the coating of plastic workpieces | Bei der Beschichtung von Kunststoffwerkstücken angewendete Prozesse und Techniken | 327 |
| 16.2.1 | Coating of bumpers | Lackieren von Stoßstangen | 328 |
| 16.2.2 | Coating of wheel covers | Lackieren von Radkappen | 330 |
| 16.2.3 | Coating of steering wheels | Lackieren von Lenkrädern | 331 |
| 16.2.4 | Coating of reflectors | Lackieren von Scheinwerfern | 331 |
| 16.2.5 | Coating in the production of TVs, hi-fis and computer housings | Beschichten bei der Herstellung von TV-‚Hi-Fi- und Computergehäusen | 331 |
| 16.3 | Current consumption and emission levels in the coating of plastic workpieces | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Kunststoffwerkstücken | 331 |
| 16.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 332 |
| 16.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 332 |
| 16.3.2.1 | Materials | Materialien | 332 |
| 16.3.2.2 | Water | Wasser | 334 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.3.2.3 | Energy | Energie | 334 |
| 16.3.3 | Emissions | Emissionen | 334 |
| 16.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 335 |
| 16.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 335 |
| 16.3.3.3 | Waste | Abfall | 336 |
| 16.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the serial painting of plastic workpieces | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken zu beachten sind** | 336 |
| 16.4.1 | Minimisation of raw material consumption | **Minimierung des Rohstoffverbrauches** | 336 |
| 16.4.1.1 | Batch painting/colour grouping | **Lackieren im Batchverfahren/ Farbblockbildung** | 338 |
| 16.4.1.2 | Pig-clearing systems | **Molchreinigungsverfahren** | 337 |
| 16.4.1.3 | Increase of the number of high rotation bells | **Erhöhen der Anzahl der Hochrotationsglocken** | 338 |
| 16.4.2 | Water management | **Wassermanagement** | 339 |
| 16.4.3 | Conventional solvent-based materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Materialien** | 339 |
| 16.4.4 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Materialien (Substitution)** | 340 |
| 16.4.4.1 | Water-based paints | **Wasserbasierte Lacke** | 339 |
| 16.4.4.2 | Powder coating – conventionally dried | **Pulverlacke – konventionell getrocknet** | 340 |
| 16.4.4.3 | Radiation curing paints | **Strahlungshärtende Lacke** | 340 |
| 16.4.4.4 | One layer coating after fluoridation | **Ein-Schicht-Lack nach der Fluorierung** | 341 |
| 16.4.5 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftragstechniken und –anlagen** | 342 |
| 16.4.5.1 | In-mould painting | **In-Mould-Beschichten** | 342 |
| 16.4.5.2 | Conventional high and low pressure spraying | **Konventionelles Hochdruck- und Niederdruck-Spritzen** | 342 |
| 16.4.5.3 | High volume low pressure spraying (HVLP) | **Niederdruckspritzlackieren (HVLP)** | 343 |
| 16.4.5.4 | Electrostatically assisted high rotation bells | **Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken** | 343 |
| 16.4.5.5 | Electrostatically assisted compressed air, airless and air assisted spraying | **Elektrostatisch unterstütztes Luftdruck-, Airless- und Airmixspritzen** | 343 |
| 16.4.5.6 | Processing of powder coatings – electrostatically assisted spraying | **Verarbeiten von Pulverschichten – elektrostatisch unterstütztes Spritzen** | 344 |
| 16.4.6 | Drying | **Trocknen** | 344 |
| 16.4.6.1 | Convection drying | **Konvenktionstrockner** | 344 |
| 16.4.6.2 | Ultraviolet (UV) curing | **Härten mit Ultraviolett (UV) - Strahlung** | 345 |
| 16.4.6.3 | Electron beam curing | **Elektronenstrahlhärten** | 345 |
| 16.4.6.4 | Use of condensation driers | **Verwenden von Kondensationstrocknern (Haftwassertrockner)** | 346 |
| 16.4.7 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 346 |
| 16.4.7.1 | Electrostatic filter | **Elektrostatische Filter** | 346 |
| 16.4.7.2 | Venturi particle separation | **Partikelabscheidung mit Venturiwäscher** | 345 |
| 16.4.7.3 | Scrubber | **Gaswäscher** | 345 |
| 16.4.7.4 | Treatment of waste gases from the painting booths | **Behandlung des Abgases aus den Lackierkabinen** | 347 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16.4.7.5 | Concentration and recirculation of waste gases from the painting booths | **Aufkonzentration und Umluftführung der Kabinenabluft** | 347 |
| 16.4.7.6 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 348 |
| 16.4.7.7 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 348 |
| 16.4.8 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 348 |
| 16.4.8.1 | Ultra and nanofiltration | **Ultra- und Nanofiltration** | 348 |
| **17** | **COATING OF FURNITURE AND WOOD MATERIALS** | **LACKIEREN VON MÖBELN UND HOLZMATERIALIEN** | 349 |
| 17.1 | General information on the coating of furniture and wood materials | Allgemeine Informationen über das Lackieren von Möbeln und Holzmaterialien | 349 |
| 17.2 | Applied processes and techniques in the coating of furniture and wood materials | Beim Lackieren/Beschichten von Möbeln und Holzmaterialien verwendete Prozesse und Techniken | 350 |
| 17.2.1 | Pretreatment of the wood surface | Vorbehandlung der Holzoberfläche | 350 |
| 17.2.2 | Application of a base coat | Auftrag der Grundierung | 351 |
| 17.2.3 | Application of a topcoat | Auftrag des Decklacks | 352 |
| 17.2.4 | Application of the paint | Lackapplikation | 355 |
| 17.2.5 | Flashing off and drying/curing | Ablüften und Trocknen/ Härten | 356 |
| 17.2.6 | Examples of some coating processes | Beispiele für einige Lackierprozesse | 356 |
| 17.2.7 | Finishing with solid coating substances | Veredlung mit festen Beschichtungsstoffen | 358 |
| 17.3 | Current consumption and emission levels in the coating of furniture and wood materials | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte beim Lackieren von Möbeln und Holzwerkstoffen | 358 |
| 17.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 358 |
| 17.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 358 |
| 17.3.2.1 | Materials | Einsatzstoffe | 358 |
| 17.3.2.2 | Water | Wasser | 360 |
| 17.3.2.3 | Energy | Energie | 360 |
| 17.3.3 | Emissions | Emissionen | 360 |
| 17.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 360 |
| 17.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 360 |
| 17.3.3.3 | Waste | Abfall | 361 |
| 17.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the painting of furniture and wood materials | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT zur Beschichtung von Möbeln und Holzwerkstoffen zu berücksichtigen sind** | 361 |
| 17.4.1 | Minimisation of raw material consumption | **Vermindern des Rohstoffverbrauchs** | 362 |
| 17.4.1.1 | Batch painting/colour grouping | **Lackieren im Batchverfahren/ Farbblockbildung** | 362 |
| 17.4.1.2 | Pig clearing systems | **Molchtechniken** | 362 |
| 17.4.1.3 | Online mixing system for 2-component products | **Online- Mischanlagen für 2-Komponenten-Produkte** | 362 |
| 17.4.2 | Conventional solvent-based materials | **Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe** | 362 |
| 17.4.3 | Replacement of solvent-based materials (substitution) | **Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungsstoffen (Substitution)** | 363 |
| 17.4.3.1 | Water-based coatings | **Wasserlacke** | 363 |
| 17.4.3.2 | Powder coating – conventionally dried | **Pulverlacke - konventionell getrocknet** | 364 |
| 17.4.3.3 | UV radiation curing paints | **UV-Strahlungshärtende Lacke** | 365 |
| 17.4.4 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftrags- und -Lackversorgungstechniken** | 365 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17.4.4.1 | Rolling and filling by using reverse coaters | **Auftrag von Füller mit Gegenlaufwalzenmaschinen** | 365 |
| 17.4.4.2 | Curtain coating (casting) | **Gießen** | 366 |
| 17.4.4.3 | Conventional dipping | **Konventionelles Tauchen** | 367 |
| 17.4.4.4 | Flooding | **Fluten** | 367 |
| 17.4.4.5 | Vacuum coating | **Vakuumbeschichten** | 368 |
| 17.4.4.6 | Conventional high and low pressure spraying | **Konventionelles Hochdruck- und Niederdruckspritzen** | 369 |
| 17.4.4.7 | High volume low pressure spraying (HVLP) | **Niederdruckspritzlackieren (HVLP)** | 369 |
| 17.4.4.8 | Electrostatically assisted compressed air, airless and air assisted spraying | **Elektrostatisch unterstütztes Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren** | 369 |
| 17.4.4.9 | Powder coatings – electrostatically assisted spraying | **Pulverbeschichtung- elektrostatisch unterstütztes Spritzen** | 370 |
| 17.4.5 | Spray booths | **Spritzkabinen** | 370 |
| 17.4.5.1 | Wet separation booth | **Kabinen mit Nassabscheidung** | 370 |
| 17.4.5.2 | Paint-in-paint spray booth | **Lack-in-Lack-Spritzkabine** | 370 |
| 17.4.6 | Drying | **Trocknen** | 371 |
| 17.4.6.1 | Convection drying | **Konvektionstrocknen** | 371 |
| 17.4.6.2 | Microwave drier | **Mikrowellentrocknung** | 371 |
| 17.4.6.3 | High frequency driers | **Hochfrequenztrockner** | 372 |
| 17.4.6.4 | Infrared radiation curing | **Infrarotstrahlungstrocknen** | 372 |
| 17.4.6.5 | Near-infrared radiation curing | **Härten mit Infrarot-naher Strahlung (NIR)** | 372 |
| 17.4.6.6 | Ultraviolet (UV) radiation | **Ultraviolet (UV)-Strahlung** | 372 |
| 17.4.6.7 | Electron beam curing | **Elektrostrahl-Härten** | 372 |
| 17.4.6.8 | Combined convection/radiation drying (thermal reactor) | **Kombiniertes Konvektions-/Strahlungs-Trocknen (Thermoreaktor)** | 373 |
| 17.4.7 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 373 |
| 17.4.7.1 | Dry filter systems | **Trockenfiltersysteme** | 373 |
| 17.4.7.2 | Electrostatic filter | **Elektrofilter** | 373 |
| 17.4.7.3 | Venturi particle separation | **Partikelabscheidung mit Venturiwäscher** | 373 |
| 17.4.7.4 | Scrubber | **Wäscher** | 373 |
| 17.4.7.5 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 373 |
| 17.4.7.6 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 373 |
| 17.4.7.7 | UV oxidation | **UV-Oxidation** | 374 |
| 17.4.8 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 374 |
| 17.4.8.1 | Waste water treatment for wet separation paint spray booths | **Abwasserbehandlung bei Spritzkabinen mit Nassabscheidung** | 374 |
| 17.4.8.2 | Ultra and nanofiltration | **Ultra- und Nanofiltration** | 374 |
| 17.4.9 | Waste treatment | **Abfallbehandlung** | 374 |
| 17.4.9.1 | Recovery of used solvents by applying distillation | **Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln durch Destillation** | 374 |
| **18** | **WOOD PRESERVATION** | **HOLZIMPRÄGNIERUNG** | 375 |
| 18.1 | General information on wood preservation | Allgemeine Informationen über die Holzimprägnierung | 375 |
| 18.2 | Applied processes and techniques on wood preservation | In der Holzimprägnierung angewendete Prozesse und Techniken | 375 |
| 18.3 | Current consumption and emission levels on wood preservation | Aktuelle Verbrauchs- und emissionswerte bei der Holzimprägnierung | 376 |
| 18.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 376 |
| 18.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 376 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 18.3.2.1 | Materials | Einsatzstoffe | 376 |
| 18.3.2.2 | Water | Wasser | 376 |
| 18.3.2.3 | Energy | Energie | 376 |
| 18.3.3 | Emissions | Emissionen | 376 |
| 18.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 376 |
| 18.3.3.2 | Emissions to water, soil and groundwater | Emissionen in das Wasser, den Boden und das Grundwassser | 378 |
| 18.3.3.3 | Waste | Abfall | 378 |
| 18.4 | Techniques to consider in the determination of BAT on wood preservation | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Holzkonservierung zu berücksichtigen sind** | 378 |
| 18.4.1 | Conventional solvent-based preservatives | **Konventionelle lösemittelbasierte Holzschutzmittel** | 379 |
| 18.4.2 | Replacement of conventional solvent-based preservatives (substitution) | **Ersatz von konventionellen lösemittelbasierten Konservierungsmitteln (Substitution)** | 379 |
| 18.4.2.1 | Creosote | **Kreosot/ Teeröl** | 379 |
| 18.4.2.2 | Concentrated pesticide systems | **Konzentrierte Pestizidsysteme** | 380 |
| 18.4.2.3 | Water-based preservatives | **Wasserbasierte Konservierungsmittel** | 380 |
| 18.4.3 | Application systems | **Auftragsverfahren** | 381 |
| 18.4.3.1 | Vacuum application | **Vakuumverfahren/Druckimprägnieren** | 381 |
| 18.4.4 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 382 |
| 19 | MANUFACTURE OF MIRRORS | **HERSTELLUNG VON SPIEGELN** | 383 |
| 19.1 | General information on the manufacture of mirrors | Allgemeine Informationen über die Herstellung von Spiegeln | 383 |
| 19.2 | Applied processes and techniques in the manufacture of mirrors | Bei der Spiegelherstellung angewendete Prozesse und Techniken | 383 |
| 19.2.1 | Incoming glass pane | Ankommende Glasscheiben | 384 |
| 19.2.2 | Preparation of the glass surface | Aufbereitung der Glassoberfläche | 384 |
| 19.2.3 | Silvering | Silberbelegung | 384 |
| 19.2.4 | Paint coating | Lackauftrag | 385 |
| 19.2.5 | Drying | Trocknen | 385 |
| 19.2.6 | Exit of the finished product | Verlassen der Anlage des fertigen Produktes | 385 |
| 19.3 | Current consumption and emission levels in the manufacture of mirrors | Aktuelle Verbrauchs- und Emissionswerte bei der Herstellung von Spiegeln | 385 |
| 19.3.1 | Mass balances | Massenbilanzen | 385 |
| 19.3.2 | Consumptions | Verbräuche | 385 |
| 19.3.2.1 | Materials | Einsatzstoffe | 385 |
| 19.3.2.2 | Water | Wasser | 385 |
| 19.3.2.3 | Energy | Energie | 385 |
| 19.3.3 | Emissions | Emissionen | 386 |
| 19.3.3.1 | Emissions to air | Emissionen in die Luft | 386 |
| 19.3.3.2 | Emissions to water | Emissionen in das Wasser | 386 |
| 19.3.3.3 | Wastes | Abfall | 386 |
| 19.4 | Techniques to consider in the determination of BAT for the manufacture of mirrors | **Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Herstellung von Spiegeln zu berücksichtigen sind** | 387 |
| 19.4.1 | General techniques in the manufacture of mirrors | **Allgemeine Techniken bei der Herstellung von Spiegeln** | 387 |
| 19.4.2 | Replacement of conventional solvent-based paints (substitution) | **Ersatz konventioneller lösemittelbasierter Lacke (Substitution)** | 387 |
| 19.4.2.1 | High solids paints | **High-Solid-Lacke** | 387 |
| 19.4.3 | Paint application techniques and equipment | **Lackauftragstechniken und -anlagen** | 388 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 19.4.3.1 | Curtain coating | **Gießen** | 388 |
| 19.4.4 | Drying | **Trocknen** | 388 |
| 19.4.5 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 388 |
| **20** | **TECHNIQUES TO CONSIDER IN THE DETERMINATION OF BAT APPLICABLE IN ALL INDUSTRIES** | **TECHNIKEN, DIE BEI DER BESTIMMUNG VON BVT IN ALLEN INDUSTRIEBRANCHEN ANWENDBAR SIND** | 391 |
| 20.1 | Environmental management techniques | **Umweltmanagementtechniken** | 392 |
| 20.1.1 | Environmental management tools | **Umweltmanagementprogramme** | 392 |
| 20.1.2 | Ongoing environmental improvement and cross-media issues | **Laufende Umweltverbesserungen und medienübergreifende Effkte** | 399 |
| 20.1.3 | Benchmarking consumptions and emissions and subsequent action | **Vergleich von Verbrauch und Emissionen (Benchmarking) und daraus folgende Maßnahmen** | 400 |
| 20.1.4 | Costing environmental benefits and estimating cross-media effects | **Kosten der Umweltvorteile und Abschätzung der medienübergreifenden Effekte** | 401 |
| 20.2 | Installation design, construction and operation (including good housekeeping) | **Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb (einschließlich guter Betriebsführung/ good housekeeping)** | 402 |
| 20.2.1 | Pollution prevention for unplanned releases | **Verhinderung von Umweltverschmutzungen bei ungeplanten Freisetzungen** | 403 |
| 20.2.2 | Storage and handling of chemicals, hazardous materials and waste | **Lagerung und Handhabung von Chemikalien, gefährlichen Stoffen und Abfällen** | 404 |
| 20.2.2.1 | Handling and use of solvents in production areas | **Handhabung und Verwendung von Lösemitteln in Produktionsbereichen** | 406 |
| 20.2.3 | Automation of equipment | **Automatisierung von Anlagenteilen** | 406 |
| 20.2.4 | Training | **Training/ Ausbildung** | 408 |
| 20.2.5 | Optimisation of processes/equipment | **Optimierung von Prozessen/ Anlagen** | 409 |
| 20.2.6 | Maintenance | **Wartung** | 409 |
| 20.3 | Monitoring | **Überwachung** | 410 |
| 20.3.1 | Mass balances for solvents | **Massenbilanz für Lösemittel** | 410 |
| 20.3.2 | Direct measurement of solvents and emissions to air | **Direkte Messungen von Lösemitteln und Emissionen in die Luft** | 414 |
| 20.3.3 | Water | **Wasser** | 415 |
| 20.3.3.1 | Preventing hazardous atmospheres in sewers | **Vermeidung gefährlicher Luftgemische in Kanalisationen** | 415 |
| 20.3.3.2 | Monitoring of BOD and COD and biodegradability | **Überwachung von BSB und CSB und Bioabbaubarkeit** | 416 |
| 20.3.3.3 | Monitoring and controlling aquatic toxicity | **Überwachen und Steuern der aquatischen Toxizität** | 417 |
| 20.4 | Water management | **Wassermanagement** | 418 |
| 20.4.1 | Re-use/recycling of rinsing water | **Wiederverwendung/Recycling von Spülwasser** | 418 |
| 20.4.1.1 | Regeneration by ion exchange | **Regeneration durch Ionenaustausch** | 418 |
| 20.4.1.2 | Re-use of water within the plant | **Wiederverwenden von Wasser innerhalb der Anlage** | 418 |
| 20.4.1.3 | Cascade rinsing | **Kaskadenspülung** | 418 |
| 20.4.1.4 | Control of water usage | **Steuerung der Wasserverwendung** | 420 |
| 20.5 | Energy management | **Energiemanagement** | 421 |
| 20.5.1 | Optimisation of electrical power supply | **Optimieren der elektrischen Stromversorgung** | 423 |
| 20.5.2 | Optimising electricity demand | **Optimieren des Energiebedarfs** | 423 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.5.3 | Energy efficient equipment | **Energieeffiziente Anlagen** | 424 |
| 20.6 | Raw material management | **Rohstoffmanagement** | 424 |
| 20.6.1 | Just-in-time management | **Just-in-time-Management** | 424 |
| 20.6.2 | Quality assurance of paints and solvents | **Qualitätssicherung bei Lacken und Lösemitteln** | 425 |
| 20.6.3 | Minimisation of raw material consumption | **Minimieren des Rohstoffverbrauchs** | 425 |
| 20.6.3.1 | Advanced mixing systems | **Fortschrittliche Mischsysteme** | 425 |
| 20.6.3.2 | Re-use of returned paints or inks | **Wiederverwenden von zurück geführten Lacken und Druckfarben** | 426 |
| 20.6.3.3 | Re-use of recovered coatings or inks | **Wiederverwenden von zurückgewonnenen Lacken oder Druckfarben** | 427 |
| 20.6.3.4 | Direct piping of paint or ink from storage | **Direkte Zuleitung des Lacks oder der Druckfarbe aus dem Vorratstank** | 428 |
| 20.6.3.5 | Direct piping of solvents from storage | **Direkte Zuleitung der Lösemittel aus dem Vorratstank** | 429 |
| 20.6.3.6 | Batch painting/colour grouping | **Chargenlackierung/Farbblockbildung** | 430 |
| 20.6.3.7 | Pig-clearing systems | **Molchtechniken** | 430 |
| 20.7 | Coating processes and equipment | **Lackierprozesse und -anlagen** | 431 |
| 20.7.1 | Pretreatments prior to painting | **Vorbehandlungen vor dem Lackieren** | 431 |
| 20.7.1.1 | Solvent-based degreasing | **Lösemittelbasiertes Entfetten** | 431 |
| 20.7.1.2 | Water-based pretreatments | **Wässrige Vorbehandlungen** | 431 |
| 20.7.1.2.1 | Water-based degreasing | **Wässrige Entfettung** | 432 |
| 20.7.1.2.2 | Phosphating | **Phosphatierung** | 432 |
| 20.7.1.2.3 | Conversion coating containing chrome | **Chromatierung** | 433 |
| 20.7.1.2.4 | Chrome-free conversion coatings | **Chrom-freie Vorbehandlungsschichten** | 434 |
| 20.7.1.2.5 | Bath maintenance, water and waste reduction and waste water reduction | **Badpflege, Wasser- und Abfall- und Abwasserminderung** | 434 |
| 20.7.2 | Paint systems | **Lacksysteme** | 435 |
| 20.7.2.1 | Conventional solvent-based paints | **Konventionelle lösemittelbasierte Lacke** | 435 |
| 20.7.2.2 | Solvent-based high solid paints | **Lösemittelbasierte High-Solid-Lacke** | 436 |
| 20.7.2.3 | Water-based paints | **Wasserbasierte Lacke** | 436 |
| 20.7.2.4 | Water-based coatings with reduced flash-off requirement | **Wasserbasierte Lacke mit verkürzten Verdunstungszeiten** | 439 |
| 20.7.2.5 | Radiation curing paints | **Strahlungshärtende Lacke** | 439 |
| 20.7.2.6 | Powder coatings – conventionally cured | **Pulverlacke- konventionell gehärtet** | 440 |
| 20.7.2.7 | Powder slurry | **Pulverslurry** | 443 |
| 20.7.2.8 | Pre-coated materials | **Vorlackierte Materialien** | 443 |
| 20.7.2.9 | Paints containing toxic metals | **Lacke, die toxische Metalle enthalten** | 444 |
| 20.7.3 | Paint application processes and equipment | **Lackauftrags- und -Lackversorgungstechniken** | 444 |
| 20.7.3.1 | Roller coating | **Walzenauftrag/Rollenauftrag** | 445 |
| 20.7.3.2 | Curtain coating (casting) | **Gießen** | 446 |
| 20.7.3.3 | Conventional dipping | **Konventionelles Tauchen** | 446 |
| 20.7.3.4 | Electrocoating | **Elektrobeschichtung** | 448 |
| 20.7.3.5 | Flooding | **Fluten** | 450 |
| 20.7.3.6 | Vacuum coating | **Vakuumbeschichten** | 450 |
| 20.7.3.7 | In-mould painting | **In-Mould-Lackieren** | 451 |
| 20.7.3.8 | Conventional high and low pressure spraying | **Konventionelles Hoch- und Niederdruckspritzen** | 451 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.7.3.9 | High volume low pressure spraying (HVLP) (high efficiency spray guns) | **Niederdruckspritzlackieren (HVLP) (Spritzpistolen/ Sprühlanzen mit hohem Auftragswirkungsgrad)** | 452 |
| 20.7.3.10 | Hot spraying | **Heißspritzen** | 453 |
| 20.7.3.11 | Airless spraying | **Airlesszerstäubung** | 454 |
| 20.7.3.12 | Air assisted airless spraying | **Luftunterstütztes Airlessspritzen (Airmixspritzen)** | 455 |
| 20.7.3.13 | CO2 atomisation – the unicarb system | **$CO_2$ –Zerstäubung- das Unicarb-System** | 455 |
| 20.7.3.14 | Electrostatic atomising processes | **Elektrostatische Zerstäubungsverfahren** | 456 |
| 20.7.3.15 | Electrostatically assisted high rotation bells | **Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken** | 457 |
| 20.7.3.16 | Electrostatically assisted high rotating discs | **Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsscheiben** | 458 |
| 20.7.3.17 | Electrostatically assisted compressed air, airless and air assisted spraying | **Elektrostatisch unterstütztes Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren** | 458 |
| 20.7.3.18 | Application of powder coatings – electrostatically assisted spraying | **Auftrag von Pulverlacken – elektrostatisches Spritzen** | 459 |
| 20.7.3.19 | Application of powder coatings – powder sintering | **Auftrag von Pulverlacken – Pulversintern** | 460 |
| 20.7.4 | Techniques to manage overspray | **Techniken zur Behandlung von Overspray** | 460 |
| 20.7.4.1 | Wet separation spray booth | **Spritzkabinen mit Nassauswaschung** | 460 |
| 20.7.4.2 | Paint-in-paint spray booth | **Lack-in-Lack-Spritzkabine** | 462 |
| 20.7.4.3 | Water emulsion techniques | **Wasser-Emulsions-Verfahren** | 462 |
| 20.7.4.4 | Cold plate spray booths | **Spritzkabinen mit gekühlten Spritzwänden** | 463 |
| 20.7.5 | Water treatment techniques to reduce waste water and wastes and for treatment of waste water | **Wasserbehandlungstechniken zur Minderung von Abwasser und Abfall und zur Behandlung von Abwasser** | 463 |
| 20.7.5.1 | Multiple (cascade) rinsing | **Mehrfach- (Kaskaden-) Spülung** | 463 |
| 20.7.5.2 | Use of ion exchangers | **Verwenden von Ionenaustauschern** | 464 |
| 20.7.5.3 | Membrane filtration | **Membranfiltration** | 465 |
| 20.7.5.4 | Bath desludging | **Badentschlammung** | 465 |
| 20.7.5.5 | Process solution filtration | **Filtern der Prozesslösung** | 466 |
| 20.7.5.6 | Continuous discharge of paint sludge | **Kontinuierlicher Austrag von Lackschlamm** | 466 |
| 20.7.5.7 | Decantation system | **Dekantierverfahren** | 466 |
| 20.7.5.8 | Coagulation of paint solids in wet cleaners | **Koagulation von Lackpartikeln in flüssigen Reinigungsmitteln** | 467 |
| 20.8 | Drying and/or curing | **Trocknen und/oder Härten** | 467 |
| 20.8.1 | Evaporation processes | **Verdampfungsprozesse** | 468 |
| 20.8.1.1 | Conventional drying by convection | **Konventionelles Trocknen durch Konvektion (Heißluft)** | 468 |
| 20.8.1.2 | Inert gas convection drying | **Inertgas-Konvektionstrockner** | 469 |
| 20.8.1.3 | Induction drying | **Induktionstrocknen** | 469 |
| 20.8.1.4 | Radiation drying (microwave and HF) | **Trocknung mit Strahlen (Mikrowelle und HF)** | 470 |
| 20.8.2 | Radiation curing processes | **Strahlungshärtende Prozesse** | 471 |
| 20.8.2.1 | Infrared radiation curing | **Infrarot (IR)-Strahlungshärten** | 472 |
| 20.8.2.2 | Near-infrared radiation (NIR) curing | **Infrarotnahes Strahlungshärten (NIR)** | 473 |
| 20.8.2.3 | Ultraviolet (UV) curing | **Elektronenstrahl(ES)-Härten** | 473 |
| 20.8.2.4 | Electron beam curing (EB) | **Elektronenstrahl(ES)-Härten** | 474 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.8.3 | Thermal reactor (combined convection/radiation drying) | **Thermoreaktor (gemeinsame Konvektions-/ Strahlungstrocknung)** | 475 |
| 20.9 | Cleaning techniques | **Reinigungsverfahren** | 476 |
| 20.9.1 | General principles for cleaning | **Allgemeine Grundsätze der Reinigung** | 476 |
| 20.9.2 | Minimising cleaning | **Minimieren der Reinigung** | 478 |
| 20.9.3 | Preparation prior to solvent or other types of cleaning | **Vorbereitungen zur lösemittelbasierten oder anderen Reinigung** | 479 |
| 20.9.4 | Conventional solvent cleaning | **Konventionelle lösemittelbasierte Reinigung** | 479 |
| 20.9.5 | Cleaning with solvents with lower evaporation speed | **Reinigung mit Lösemitteln mit niedrigem Dampfdruck** | 480 |
| 20.9.6 | Cleaning with powerful solvents | **Reinigung mit stark lösenden Lösemitteln** | 480 |
| 20.9.7 | Cleaning with solvents with lower ozone-forming potential | **Reinigung mit Lösemitteln mit niedrigem Ozonbildungspotential** | 480 |
| 20.9.8 | Water-based cleaning | **Wässrige Reinigung** | 480 |
| 20.9.9 | Cleaning by hand | **Reinigung von Hand** | 480 |
| 20.9.10 | Washing machines using solvents | **Waschmaschinen mit Lösemittelverwendung** | 481 |
| 20.9.11 | Cleaning with solvent recovery | **Reinigung mit Lösemittelrückgewinnung** | 482 |
| 20.9.12 | Cleaning with high pressure water spray | **Reinigen mit Hochdruckwasserstrahl** | 482 |
| 20.9.13 | Ultrasonic cleaning | **Ultraschallreinigung** | 483 |
| 20.9.14 | Dry ice (CO2) cleaning | **Trockeneis- ($CO_2$) Reinigung** | 483 |
| 20.10 | Substitution: using less harmful substances – general principles | **Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Stoffe - allgemeine Grundsätze** | 484 |
| 20.10.1 | Replacement of cleaning agents (substitution) | **Ersatz von Reinigungsmitteln (Substitution)** | 487 |
| 20.10.1.1 | Cleaning agents with a flashpoint of >40 ºC | **Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >40 ºC** | 478 |
| 20.10.1.2 | Cleaning agents with a flashpoint of >55 ºC | **Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >55 ºC** | 488 |
| 20.10.1.3 | Cleaning agents with a flashpoint of >100 °C | **Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >100 ºC** | 489 |
| 20.10.1.4 | Vegetable cleaning agents (VCAs) | **Pflanzliche Reinigungsmittel (PRM)** | 490 |
| 20.10.1.5 | Powerful non-volatile solvents | **Starke schwerflüchtige Lösemittel** | 491 |
| 20.10.1.6 | Water-based cleaning | **Wässrige Reinigung** | 491 |
| 20.10.2 | Using solvents with lower ozone-forming potential (OFP) | **Verwenden von Lösemitteln mit geringerem Ozonbildungspotential (OFP - ozon forming potential)** | 492 |
| 20.10.3 | Replacement of halogenated solvents | **Ersatz von halogenierten Lösemitteln** | 495 |
| 20.10.4 | Replacement of solvents and other materials with CMR properties (substitution) | **Ersatz von Lösemitteln und anderen Materialien mit CMR -Eigenschaften (Substitution)** | 495 |
| 20.10.5 | Water-based cleaning agents | **Reinigungsmittel auf Wasserbasis** | 496 |
| 20.11 | Waste gas treatment | **Abgasbehandlung** | 496 |
| 20.11.1 | Design, optimisation and management of extraction and abatement techniques | **Bauart, Optimierung und Management von Absaug- und Behandlungstechniken** | 497 |
| 20.11.1.1 | System selection, design and optimisation | **Systemwahl, Bauart und Optimierung** | 497 |
| 20.11.1.2 | System maintenance | **Anlagenwartung** | 501 |
| 20.11.1.3 | Bypassing peak emission flows (peak shaving) | **Umgehen/Überbrücken von Emissionsspitzen (Spitzenlastsenkung)** | 502 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.11.1.4 | Utilising over-capacity – smoothing variations | **Nutzen von Überkapazität – Glätten von Schwankungen** | 503 |
| 20.11.1.5 | Maintaining solvent concentration to treatment by variable frequency drives | **Konstanthalten von Lösemittelkonzentrationen durch variable Geschwindigkeiten der Ventialtoren** | 503 |
| 20.11.1.6 | Dedicated/decentralised waste gas treatment systems for each point source | **Zugeordnete/Dezentrale Abgasbehandlungsanlagen für jede Punktquelle** | 504 |
| 20.11.1.7 | Central waste gas treatment | **Zentrale Abgasbehandlung** | 505 |
| 20.11.2 | Containment and collection of waste gases | **Einhausung und Erfassung von Abgasen** | 506 |
| 20.11.2.1 | Encapsulation/enclosure | **Kapseln/Einhausen** | 506 |
| 20.11.2.2 | Air seals on the entrance and the exit of the ovens/driers | **Luftabdichtungen am Eingang und Ausgang von Öfen/Trocknern** | 506 |
| 20.11.2.3 | Negative pressure in drying | **Unterdruck im Trockner** | 507 |
| 20.11.2.4 | Air extraction from coating processes | **Abluftabsaugung aus Beschichtungs-/ Lackierprozessen** | 507 |
| 20.11.2.5 | Air extraction from drying processes | **Abluftabsaugung aus Trocknungsprozessen** | 508 |
| 20.11.2.6 | Air extraction from the cooling zone | **Abluftabsaugung aus der Abkühlzone** | 508 |
| 20.11.2.7 | Air extraction from cleaning processes | **Abluftabsaugung bei Reinigungsprozessen** | 509 |
| 20.11.2.8 | Air extraction from storage of raw materials and wastes | **Abluftabsaugung bei der Lagerung der Rohstoffe und von Abfällen** | 509 |
| 20.11.3 | Pretreatment, filtration and scrubbing | **Vorbehandlung, Filtration und Wäsche** | 510 |
| 20.11.3.1 | Increase of the internal solvent concentration | **Erhöhen der Lösemittelkonzentration in der Anlage** | 510 |
| 20.11.3.2 | Increase of the external solvent concentration | **Erhöhen der externen Lösemittelkonzentration** | 512 |
| 20.11.3.3 | Increasing the external air concentration using a plenum | **Erhöhen der externen Abluftkonzentration unter Verwendung von Luftkammern (Plenum)** | 513 |
| 20.11.3.4 | Membrane filtration | **Membranfiltration** | 514 |
| 20.11.3.5 | Venturi particle separation | **Staubabscheidung mit Venturidüsen** | 514 |
| 20.11.3.6 | Dry filter systems | **Trockenfiltersysteme** | 515 |
| 20.11.3.7 | Electrostatic filter (precipitator) | **Elektrostatische Filter/ Elektrofilter (Abscheider)** | 516 |
| 20.11.3.8 | Scrubber | **Wäscher** | 516 |
| 20.11.4 | Oxidation | **Nachverbrennung** | 517 |
| 20.11.4.1 | Fuel supplement in process heating | **Zusatzbrennstoff bei der Prozessheizung** | 518 |
| 20.11.4.2 | Thermal oxidation | **Thermische Nachverbrennung** | 518 |
| 20.11.4.3 | Recuperative thermal oxidation | **Rekuperative thermische Nachverbrennung** | 520 |
| 20.11.4.4 | Regenerative thermal oxidation – dual bed | **Regenerative thermische Nachverbrennung- Doppelbett** | 521 |
| 20.11.4.5 | Regenerative thermal oxidation – three bed or rotating air distributor | **Regenerative thermische Nachverbrennung – Dreibett- oder Rotationsabluftverteilung** | 523 |
| 20.11.4.6 | Catalytic oxidation | **Katalytische Nachverbrennung** | 524 |
| 20.11.4.7 | UV oxidation | **UV-Oxidation** | 526 |
| 20.11.5 | Condensation | **Kondensation** | 527 |
| 20.11.5.1 | Direct cooling | **Direktkühlung** | 527 |
| 20.11.5.2 | Indirect cooling | **Indirekte Kühlung** | 528 |
| 20.11.5.3 | Refrigeration | **Tieftemperaturkühlung** | 528 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.11.5.4 | Cryogenic treatment | **Kryobehandlung (Ausfrieren)** | 529 |
| 20.11.5.5 | Condensation above freezing point | **Kondensation oberhalb des Gefrierpunktes** | 530 |
| 20.11.6 | Adsorption | **Adsorption** | 530 |
| 20.11.6.1 | Adsorption using activated carbon or zeolites | **Adsorption unter Verwendung von Aktivkohle oder von Zeolithen** | 530 |
| 20.11.6.2 | Continuous monitoring of the adsorber performance | **Kontinuierliche Überwachung der Adsorberleistung** | 534 |
| 20.11.7 | Absorption to liquid | **Absorption in Flüssigkeiten** | 534 |
| 20.11.7.1 | Absorption to water | **Absorption in Wasser** | 534 |
| 20.11.7.2 | Absorption to oil and recovery | **Absorption in Öl und Rückgewinnung** | 535 |
| 20.11.8 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 535 |
| 20.11.9 | NOX abatement techniques | **$NO_X$-Minderungstechniken** | 537 |
| 20.11.9.1 | Selective non-catalytic reduction (SNCR) | **Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)** | 537 |
| 20.11.9.2 | Selective catalytic reduction (SCR) | **Selektive katalytische Reduktion (SCR)** | 537 |
| 20.11.9.3 | Water scrubber | **Wäscher** | 538 |
| 20.12 | Waste water treatment | **Abwasserbehandlung** | 539 |
| 20.12.1 | Flocculation | **Flockung** | 539 |
| 20.12.2 | Separation | **Abtrennung** | 540 |
| 20.12.3 | Electroflocculation | **Elektroflokkulation** | 540 |
| 20.12.4 | Vacuum distillation | **Vakuumdestillation** | 541 |
| 20.12.5 | Biological treatment | **Biologische Behandlung** | 541 |
| 20.12.6 | Ultra and nanofiltration and reverse osmosis | **Ultra- und Nanofiltration und Umkehrosmose** | 542 |
| 20.13 | Waste minimisation and treatment of wastes containing solvent | **Abfallminimierung und Behandlung von lösemittelhaltigen Abfällen** | 543 |
| 20.13.1 | Recovery of used solvents from the process | **Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess** | 543 |
| 20.13.2 | Treatment of used solvents for re-use | **Behandlung von gebrauchten Lösemitteln zur Wiederverwendung** | 544 |
| 20.13.2.1 | Filtration | **Filtration** | 544 |
| 20.13.2.2 | Distillation | **Destillation** | 545 |
| 20.13.3 | Disposable cleaning wipes | **Einwegreinigungstücher/ Wegwerfreinigungstücher** | 546 |
| 20.13.4 | Re-usable cleaning wipes | **Wiederverwendbare Reinigungstücher/ Mehrwegtücher** | 547 |
| 20.13.5 | Recovery of used solvents from wipes | **Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus Putztüchern** | 547 |
| 20.13.6 | Re-usable containers | **Wiederverwendbare Mehrwegbehälter** | 548 |
| 20.13.7 | Treatment of used activated carbon | **Behandlung der benutzten Aktivkohle** | 549 |
| 20.13.7.1 | On-site recovery of the used activated carbon and other adsorbents | **Vor-Ort-Rückgewinnung von gebrauchter Aktivkohle und anderen Adsorbentien** | 549 |
| 20.13.7.2 | Off-site regeneration/solvent removal of the used activated carbon and other adsorbents | **Regeneration/ Lösemittelentfernung aus der verwendeten Aktivkohle und anderen Adsorbentien außerhalb der Anlage** | 549 |
| 20.13.7.3 | Incineration of the used activated carbon or other adsorbents | **Verbrennung von gebrauchter Aktivkohle oder anderer Adsorbentien** | 550 |
| 20.13.8 | Waste water sludges | **Abwasserschlämme** | 550 |
| 20.13.8.1 | Centrifuges | **Zentrifugen** | 550 |
| 20.13.8.2 | Filter press | **Filterpressen** | 551 |
| 20.14 | Dust abatement | **Staubminderung** | 551 |
| 20.15 | Odour abatement | **Geruchsminderung** | 551 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 20.15.1 | Venting tanks during deliveries of solvent-based materials | **Druckausgleichsbehälter während der Belieferungen von lösemittelhaltigen Materialien** | 552 |
| 20.16 | Noise abatement | **Lärmminderung** | 552 |
| 21 | BEST AVAILABLE TECHNIQUES FOR SURFACE TREATMENT USING ORGANIC SOLVENTS | **BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN ZUR BEHANDLUNG VON OBERFLÄCHEN MIT LÖSEMITTTELN** | 555 |
| 21.1 | Best available techniques applicable in all industries in the sector | **Beste verfügbare Techniken, die in allen Industriebranchen des Sektors anwendbar sind** | 559 |
| 21.2 | Best available techniques for printing | **Beste verfügbare Techniken für das Drucken** | 570 |
| 21.2.1 | BAT for heatset web offset | **Beste verfügbare Techniken für das Heatset-Rollenoffsetdrucken** | 571 |
| 21.2.2 | BAT for flexography and packaging gravure (flexible packaging printing) | **Beste verfügbare Techniken für den Flexo- und Verpackungstiefdruck (Bedrucken flexibler Verpackungen)** | 573 |
| 21.2.3 | BAT for publication gravure | **Beste verfügbare Techniken für den Illustrationstiefdruck** | 575 |
| 21.3 | Best available techniques for winding wire manufacturing | **Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Wickeldrähten** | 576 |
| 21.4 | Best available techniques for the manufacturing of abrasives | **Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Schleifmitteln** | 576 |
| 21.5 | Best available techniques for the manufacturing of adhesive tape | **Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Klebebändern** | 577 |
| 21.6 | Best available techniques for the coating of cars | **Beste verfügbare Techniken in der Automobilserienlackierung** | 577 |
| 21.7 | Best available techniques for the coating of vans, trucks and truck cabs | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Kleinlastwagen (Van), Lastkraftwagen (LKW)und LKW-Kabinen** | 579 |
| 21.8 | Best available techniques for the coating of buses | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Bussen** | 580 |
| 21.9 | Best available techniques for the coating of trains | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Schienenfahrzeugen** | 582 |
| 21.10 | Best available techniques for the coating of agricultural and construction equipment (ACE) | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Land- und Baumaschinen (LBM)** | 583 |
| 21.11 | Best available techniques for the coating of ships and yachts | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Schiffen und Yachten** | 584 |
| 21.12 | Best available techniques for the coating of aircraft | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Flugzeugen** | 585 |
| 21.13 | Best available techniques for the coating of other metal surfaces | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren/Beschichten von Metalloberflächen** | 586 |
| 21.14 | Best available techniques for coil coating | **Beste verfügbare Techniken für die Bandblechbeschichtung** | 586 |
| 21.15 | Best available techniques for the coating and printing of metal packaging | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren und Bedrucken von Metallverpackungen** | 588 |
| 21.16 | Best available techniques for the coating of plastic workpieces | **Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Kunststoffwerkstücken** | 589 |
| 21.17 | Best available techniques for the coating of furniture and wood materials | **Beste verfügbare Techniken für das Beschichten/ Lackieren von Möbeln und Holzmaterialien** | 590 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 21.18 | Best available techniques for wood preservation | **Beste verfügbare Techniken bei der Holzkonservierung** | 591 |
| 21.19 | Best available techniques for mirror manufacturing | **Beste verfügbare Techniken bei der Spiegelherstellung** | 592 |
| **22** | **EMERGING TECHNIQUES FOR SURFACE TREATMENT USING SOLVENTS** | **TECHNIKEN IN ENTWICKLUNG FÜR DIE OBERFLÄCHENBEHAND-LUNG MIT LÖSEMITTELN** | 593 |
| 22.1 | Printing/coating | Drucken/ Beschichten | 593 |
| 22.1.1 | UV curing flexography | UV-härtender Flexodruck | 593 |
| 22.2 | Winding wire manufacture | Herstellung von Wickeldraht | 593 |
| 22.2.1 | Waxing of fine wires | Wachsen von Feindrähten | 593 |
| 22.3 | Manufacture of abrasives | Herstellen von Feindrähten | 594 |
| 22.3.1 | High speed drying and hardening processes | Hochgeschwindigkeits -Trocknen und -Härtungsprozess | 594 |
| 22.4 | Manufacture of adhesive tape | Herstellung von Klebebändern | 594 |
| 22.5 | Coating of cars and light vans | Lackieren von Autos und Vans | 594 |
| 22.5.1 | Improved water-dilutable 1- and 2-component clear coating | Verbesserte Wasserlöslichkeit von 1- und 2-Komponenten Klarlacks | 594 |
| 22.5.2 | Developments in powder coating | Entwicklungen bei Pulverlacken | 595 |
| 22.5.3 | Low cost conversion concept | Low cost conversion concept (LCCC) | 595 |
| 22.5.4 | Increased use of pre-coated materials | Verstärkte Verwendung von vorbeschichteten Materialien | 595 |
| 22.5.5 | Polyurethane (PU) paint systems | PU-Lacksysteme | 596 |
| 22.5.6 | Reduction in paint layers | Verringerung der Anzahl der Lackschichten | 596 |
| 22.6 | Coating of trucks and commercial vehicles | Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen | 597 |
| 22.7 | Coating of buses | Lackieren von Bussen | 597 |
| 22.8 | Coating of trains | Lackieren von Schienenfahrzeugen | 597 |
| 22.9 | Coating of agricultural and construction equipment | Lackieren von Land- und Baumaschinen | 597 |
| 22.10 | Coating of ships and yachts | Lackieren von Schiffen und Yachten | 597 |
| 22.10.1 | Hot electrostatic air mix | Heißelektrostatisches Airmixspritzen | 597 |
| 22.10.2 | Replacement of antifouling paints based on biocides (substitution) | Ersatz von biozidhaltigen Antifoulingfarben (Substitution) | 597 |
| 22.10.2.1 | Paints with natural biocides | Farben/Lacke mit natürlichen Bioziden | 597 |
| 22.10.2.2 | Coatings with special surface properties for a reduction of fouling | Beschichtungen mit speziellen Oberflächeneigenschaften zur Minderung des Foulings | 598 |
| 22.11 | Coating of aircraft | Lackieren von Flugzeugen | 598 |
| 22.12 | Coating of other metal surfaces | Lackieren von anderen metalloberflächen | 598 |
| 22.13 | Coil coating industries | Bandblechbeschichtung | 598 |
| 22.14 | Coating and printing of metal packaging | Beschichten undBedrucken von Metallverpackungen | 599 |
| 22.14.1 | Low solvent content coating (waterborne paint) | Lackieren/Beschichten mit löse-mittelarmen Beschichtungsstoffen (wasserbasierte Lacke) | 599 |
| 22.14.2 | Radiation curing processes | Strahlungshärtende Prozesse | 599 |
| 22.15 | Serial coating of plastic workpieces | Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken | 600 |
| 22.16 | Coating of furniture and wood materials | Lackieren von Möbeln und Holzwerkstücken | 600 |
| 22.16.1 | Power coating | Pulverbeschichten | 600 |
| 22.16.2 | Peroxide and IR bleaching | Peroxid- und IR-Bleichen | 601 |
| 22.16.2.1 | Non-thermal plasma treatment | Nicht-thermische Plasmabehandlung | 601 |
| 22.17 | Wood preservation | Holzimprägnierung | 602 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 22.18 | Manufacture of mirrors | Herstellung von Spiegeln | 602 |
| 22.19 | Waste gas treatment | Abgasbehandlung | 602 |
| 22.19.1 | Electrically heated carbon adsorption tubes | Elektrisch beheizte Kohlenstoff-adsorptionsröhren | 602 |
| 22.20 | Waste water treatment | Abwasserbehandlung | 602 |
| 22.20.1 | Wet separation spray booth – with SiO2 particles | Spritzkabinen mit Nassabscheidung bei $SiO_2$-Partikeln | 602 |
| **23** | **Concluding Remarks** | **Schlussbemerkungen** | 605 |
| 23.1 | Timing of the work | Zeitablauf der Arbeiten | 605 |
| 23.2 | Sources of information and progress of the work | Informationsquellen und Arbeitsfortschritt | 605 |
| 23.3 | Degree of consensus | Grad der Übereinstimmung | 607 |
| 23.4 | Gaps in knowledge and recommendations for future research and information gathering | Wissenslücken und Empfehlungen für zukünftige Forschung und Informationsbeschaffung | 607 |
| 23.4.1 | General issues: | Allgemeine Angelegenheiten | 607 |
| 23.4.2 | Industry specific issues | Industriespezifische Fragen | 609 |
| 23.5 | Review of this document | Revision des Dokuments | 611 |
| | REFERENCES | Referenzliteratur | 621 |
| | **GLOSSARY** | **GLOSSAR** | 621 |
| 24 | ANNEXES | Anhänge | 631 |
| 24.1 | Models for estimating cost benefit | Modelle zur Abschätzung von Kosten-Nutzen | 631 |
| 24.1.1 | EGTEI model and synopsis sheets | Das EGTEI-Modell und seine Datenblätter | 639 |
| 24.1.2 | Regional environmental costing model (MKM, MilieuKostenModel) | Das Regional- Umweltkostenmodell (MKM) | 641 |
| 24.2 | Calculation of VOC emissions and the units used | Berechnung der VOC-Emissionen und verwendete Einheiten | 647 |
| 24.2.1 | Compliance with the Solvent Emissions Directive | Erfüllen der EU-Lösemittelrichtlinie | 647 |
| 24.2.1.1 | Emission limit values (ELVs) and fugitive emissions (SED Annex IIA) | Emissionsgrenzwerte (ELVs) und diffuse Emissionen (EG-Lösemittelrichtl. Anhang IIA) | 647 |
| 24.2.1.2 | Emission reduction scheme (SED Annex IIB) | Emissionsminderungsplan (EG-Lösemitelrichtl. Anhang IIB) | 648 |
| 24.2.2 | Precision | Präzisierung | 649 |
| 24.2.3 | Application efficiency of the coating | Auftragswirkungsgrad beim Beschichten/Lackieren | 650 |
| 24.3 | Measuring fugitive emissions – direct method | Bestimmung der diffusen Emissionen – direkte Methode | 651 |
| 24.3.1 | Application to the printing sector | Anwendung in der Druckbranche | 656 |
| 24.4 | The common cases for mass balances | Die allgemeinen Fälle bei Massenbilanzen | 659 |
| 24.5 | Determination of VOC emissions from vehicle paint shops | Bestimmung der VOC-Emissionen bei der Autolackierung | 663 |
| 24.5.1 | Basic principles/overview | Grundprinzipien/ Übersicht | 663 |
| 24.5.2 | Explanation | Erläuterung | 665 |
| 24.5.2.1 | Monitoring of VOC emission mass flows | Überwachung der VOC-Emissionsmassenströme | 665 |
| 24.5.2.1.1 | End-of-pipe measurements | End-of-Pipe-Massnahmen | 665 |
| 24.5.2.1.2 | Calculation of solvent mass balances | Berechnung der Lösemittelmassenbilanzen | 667 |
| 24.5.2.1.3 | Methods for the determination of specific mass flows | Methoden zur Bestimmung des spezifischenMassenstroms | 668 |
| 24.5.2.2 | Determination of the surface area throughput | Bestimmung des Oberflächendurchsatzes | 669 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 24.5.2.2.1 | Vehicle surface area | Fahrzeugoberfläche | 669 |
| 24.5.2.2.2 | Number of vehicles per time period | Anzahl von Fahrzeugen pro Zeiteinheit | 670 |
| 24.5.2.3 | Time scale for mass balance representativeness | Zeitmaßstab für die Repräsentativität einer Massenbilanz | 670 |
| 24.5.2.3.1 | Limit values based on small averaging periods | Grenzwerte für kleine Durchschnittszeiträume | 670 |
| 24.5.2.3 .2 | Limit value based on annual mean value | Grenzwerte bei Jahresmittelwerten | 671 |
| 24.6 | Some Solvent Emission Directive limit values | Einige Grenzwerte aus der EU-Lösemittelrichtlinie | 672 |
| 24.7 | Calculation of effective POCP | Berechnung der effektiven POCP | 673 |
| 24.8 | Marginal social costs of climate change | Soziale Grenzkosten des Klimawandels | 676 |
| 24.9 | Removal efficiency of waste gas treatment techniques | Abscheidewirkungsgrade von Abgasbehandlungstechniken | 667 |

## List of figures

Figure 1.1: Non-methane volatile organic solvent emissions from IPPC processes for 2001 .....4
Figure 2.1: Overview of main printing processes .....10
Figure 2.2: Eight-colour flexo press with a central impression cylinder (satellite press) .....18
Figure 2.3: Schematic of an A4 colour sheetfed offset press with four, three-cylinder printing units.....21
Figure 2.4: 4 + 4 colour publication gravure press .....23
Figure 2.5: The stencil printing principle .....24
Figure 2.6: VOC balance of the virtual plant.....31
Figure 2.7: Specific VOC consumption and emission levels in a virtual heatset process.....32
Figure 2.8: Specific input of substances and output of waste in a virtual heatset process .....33
Figure 2.9: Specific energy consumption in a virtual heatset process .....38
Figure 2.10: VOC balance of a virtual publication gravure plant .....61
Figure 3.1: Typical manufacturing process for enamelled wires .....105
Figure 4.1: Overview on different types of abrasives .....128
Figure 4.2: Schematic process flow for coated abrasives .....134
Figure 5.1: Schematic layout of an adhesive tape production line.....150
Figure 5.2: Different types of adhesive application units .....151
Figure 5.3: Lamination unit .....151
Figure 5.4: Waste generation (2004) .....154
Figure 5.5: Energy consumption (2004) .....154
Figure 5.6: Solvent flow (2004).....155
Figure 5.7: VOC balance of the reference plant .....156
Figure 6.1: Scheme of a typical vehicle body paint process .....166
Figure 6.2: Range of VOC emissions from 65 car paintshops in Europe .....176
Figure 7.1: VOC emissions for several van, truck and cab assembly plants in Europe .....192
Figure 8.1: VOC emissions for several bus assembly plants in Europe .....203
Figure 13.1: Comparison of the use of solvent-based clear coat and the use of powder clear coat .....262
Figure 14.1: Typical layout of a coil coating line .....267
Figure 14.2: Typical layers of a steel coated product .....270
Figure 15.1: Production process for beverage cans .....295
Figure 15.2: Production process for flat metallic sheet .....297
Figure 15.3: Production process for three piece cans .....298
Figure 15.4: Production process for ends, caps and closures.....300
Figure 15.5: Production process of extruded aluminium tubes.....301
Figure 15.6: Production process of drums .....302
Figure 16.1: Water-based bumper coating process .....329
Figure 16.2: Process flow for the coating of wheel covers with a conventional coating system .....330
Figure 16.3: Fate of the VOC input in the car bumper plant .....335
Figure 18.1: Flow diagram of typical wood preservation installation showing consumptions and emissions .....375
Figure 19.1: Flow chart of the manufacture of mirrors.....384
Figure 20.1: All solvent inputs and outputs (using definitions from the SED).....411
Figure 20.2: Scheme of waste water treatment applied in a wet separation spray booth.....461
Figure 20.3: Schematic of a phosphating unit with an ion exchanger .....464
Figure 20.4: Assessment of potential substitutions by POCP.....493
Figure 20.5: Overview of application ranges of the available VOC abatement technologies.....497
Figure 20.6: Example of gas consumption below autothermal point for flex pack .....499
Figure 20.7: Plenum chamber.....514
Figure 24.1: No end-of-pipe abatement, and no internal recycling .....651
Figure 24.2: No end-of-pipe abatement, but with internal solvent recovery and re-use .....652
Figure 24.3: With solvent capture and re-use (internally and externally).....653
Figure 24.4: Destructive end-of-pipe abatement.....654
Figure 24.5: Basic input/output mass flows of solvents in a paint shop .....656

## List of tables

Table 2.1: Number of printing enterprises in European countries ..... 7
Table 2.2: Number of employers in the European printing industry ..... 8
Table 2.3: Turnover of the European printing industry, all activities ..... 9
Table 2.4: Differences between publication gravure and packaging gravure presses ..... 22
Table 2.5: Operational data of a virtual heatset offset plant ..... 29
Table 2.6: Production conditions of the virtual heatset offset plant ..... 29
Table 2.7: Input and output of the virtual heatset plant ..... 30
Table 2.8: Combinations of heatset press and job type analysed ..... 34
Table 2.9: Solvent consumption data for heatset press and job type ..... 34
Table 2.10: Heatset virtual plant VOC emissions ..... 34
Table 2.11: Typical basic recipe for heatset web offset printing inks ..... 35
Table 2.12: Cleaning agents in heatset and offset processes in general ..... 37
Table 2.13: Energy consumption in virtual heatset plant (from Table 2.7) ..... 38
Table 2.14: Achievements of applied incineration techniques in heatset plants ..... 41
Table 2.15: Mass balance of a good practice flexo printing plant ..... 44
Table 2.16: Machinery and conditions of production of the virtual flexo printing plants ..... 45
Table 2.17: VOC and waste balance of solvent-based virtual flexo printing plant ..... 46
Table 2.18: VOC and waste balance of mixed-process virtual flexo plant ..... 46
Table 2.19: Typical solvents used in solvent-based packaging printing processes ..... 47
Table 2.20: Typical solvents used in water-based packaging printing processes ..... 47
Table 2.21: Specific VOC use in package printing processes ..... 48
Table 2.22: Average basic recipe for solvent-based flexo printing inks ..... 49
Table 2.23: Typical flexo ink for paper as bought ..... 49
Table 2.24: Typical hydrocarbon solvent-free flexo ink for paper as bought ..... 49
Table 2.25: Typical recipe of a gravure ink as bought ..... 50
Table 2.26: Average basic recipe for water-based gravure inks ..... 50
Table 2.27: Typical recipe of a water-based gravure ink for coated paper as bought ..... 51
Table 2.28: Typical recipe of a water-based flexo ink for paper and cardboard as bought ..... 51
Table 2.29: Typical water-based varnish for cartons in gravure printing processes ..... 51
Table 2.30: Average ink application values ..... 52
Table 2.31: Energy balance of the virtual solvent-based flexo printing plant ..... 53
Table 2.32: Energy balance of the mixed-based virtual flexo printing plant ..... 54
Table 2.33: Reduction of fugitive emissions from flexible packing printing ..... 56
Table 2.34: Characteristics of waste water from water-based ink processes ..... 59
Table 2.35: Mass balance of a good practice publication gravure plant ..... 60
Table 2.36: VOCs in publication gravure ..... 62
Table 2.37: Specific toluene input of two plants in Flanders, Belgium ..... 62
Table 2.38: Toluene balances of two gravure printing plants ..... 62
Table 2.39: Average basic recipe of purchased publication gravure ink ..... 63
Tabelle 2.40: Referenz auf Techniken, die generell in diesem Sektor angewendet werden ..... 67
Tabelle 2.41: Verweis auf Techniken, die allgemein in der Branche anwendbar sind ..... 81
Tabelle 2.42: Verweise auf Techniken, die generell in diesem Sektor angewendet werden können ..... 93
Table 3.1: European production figures for enamelled wires and the correlated consumption of organic solvents from 1970 to 2000 ..... 103
Table 3.2: Groupings of winding wire types ..... 103
Table 3.3: Mass balance from a plant producing medium sized winding wires ..... 107
Table 3.4: Mass balance from a plant producing fine winding wires ..... 108
Table 3.5: Main winding wire products and applied coating systems ..... 109
Table 3.6: Examples of measurements of emissions to air ..... 110
Table 3.7: Winding wires: Further examples of $NO_x$ emissions ..... 112
Tabelle 3.8: Bezug auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor angewendet werden ..... 114
Table 4.1: Abrasive production in 1999 in Germany ..... 127
Table 4.2: Selected backing materials for coated abrasives ..... 129
Table 4.3: Alumina applied as inert abrasive grain (typical values) ..... 131
Table 4.4: Silicon carbide applied as abrasive grain (typical values) ..... 131
Table 4.5: Use of solvents in manufacturing attributed to products ..... 132
Table 4.6: Components of installation and differentiation ..... 136
Table 4.7: Mass balance of abrasive manufacturing in plant 1 ..... 138
Table 4.8: Mass balance of impregnation plant for the manufacturing of abrasives in plant 2 ..... 139
Table 4.9: Mass balance of abrasive manufacturing in plant 3 ..... 140

Tabelle 4.10: Referenz auf Techniken, die allgemein in dem Sektor anwendbar sind ....142
Table 5.1: Applications of solvent-based pressure-sensitive adhesives for adhesive tapes ....148
Table 5.2: Pressure-sensitive adhesives for the production of adhesive tapes ....149
Table 5.3: Conditions of production for a solvent-based adhesive tape production plant ....153
Table 5.4: Benchmark comparison for solvent and energy used and waste generated ....155
Tabelle 5.5: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden können....157
Tabelle 5.6: Vergleich zwischen Naturkautschukprozess unter Lösemittelverwendung und lösemittelfreiem Prozess ....160
Table 6.1: Europe's top vehicle producers ....163
Table 6.2: Specific paint consumption of several paint systems....172
Table 6.3: Typical energy consumption of car paintshops ....173
Tabelle 6.4: Referenz auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor angewendet werden ....179
Table 6.5: Beispiele für Kombinationen von Beschichtungen von Automobilen....179
Table 7.1: Specific consumption values for paints for the coating of new drivers cabs ....190
Table 7.2: Overview of the gas consumption of chassis, and drivers cabs and vans ....190
Tabelle 7.3: Referenz auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor angewendet werden ....193
Table 8.1: Specific material consumptions for different layers ....202
Tabelle 8.2: Referenzen auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor angewendet werden ....205
Table 9.1: Layer construction for rail vehicles according to the regulations of the Deutsche Bahn AG ..210
Table 9.2: Material consumption per coated wagon ....212
Table 9.3: Referenzen auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor angewendet werden ....214
Tabelle 10.1: Referenz auf Techniken, die allgemein in diesem Sektor anwendbar sind....222
Tabelle 10.2: Lösemittel- und Energieverbrauchsdaten aus zwei Anlagen , d.h. alt und neu....223
Tabelle 11.1: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ....234
Table 12.1: Coated surfaces for an A 320....252
Table 12.2: Consumption of materials for the painting of exterior surfaces of planes ....252
Table 12.3: Material consumption exemplified for a B 747 – 400 by Lufthansa Technik ....254
Tabelle 12.4: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ....255
Tabelle 13.1: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ....260
Tabelle 13.2: Einsatzmenge/Verbrauch von Ressourcen pro lackiertes Aluminiumrad....261
Tabelle 13.3: Emissionen bezogen auf 1 Million Räder/Jahr ....262
Table 14.1: Number of production lines and yearly production of pre-coated steel and aluminium in some European countries....266
Table 14.2: Coil coating statistics for 2002 ....266
Table 14.3: Typical operating parameters of an organic coil coating line ....267
Table 14.4: Organic coating types used in the coil coating industry ....271
Table 14.5: Usage of organic coatings 1993 and 2002 ....271
Table 14.6: Inputs to the coil coating process, their uses and typical end-of-life destination....272
Table 14.7: Solvents used most frequently in organic coating ....273
Table 14.8: Typical paint consumptions in coil coating ....273
Table 14.9: Chemicals containing non-solvents ....274
Table 14.10: Electricity use for aluminium and steel substrates....275
Table 14.11: Fossil fuels consumption for aluminium and steel substrates....275
Table 14.12:Typical air emissions from coil coating processes (all are point sources) ....276
Table 14.13: Specific VOC emissions for several coating systems....276
Table 14.14: Typical wastes from a coil coating line process ....278
Tabelle 14.15: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ....279
Table 15.1: Overview of the metal packaging manufacturing techniques ....293
Table 15.2: Techniques used for coating and printing of metal packaging ....294
Table 15.3: Data for the coating and printing of beverage cans ....303
Table 15.4: Data for the coating and printing of flat sheet ....304
Table 15.5: Data for three piece can coating and printing ....304
Table 15.6: Data for cap coating and printing ....304
Table 15.7: Mass balances for drum coating and printing ....305
Table 15.8: Consumption of materials in one plant ....306
Table 15.9: Consumption of raw materials in the coating and printing of flat sheet ....307
Table 15.10: Consumption of raw materials in the coating and printing of three piece cans ....307
Table 15.11: Consumption of raw materials in the coating and printing of ends, caps and closures....308
Table 15.12: Energy use and recovery in two installations ....308
Table 15.13: VOC emissions levels reported in different coating and printing of metal packaging ....309
Table 15.14: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant A ....309
Table 15.15: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant B ....310
Table 15.16: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant C ....310

Table 15.17: Emissions to air from the coating and printing of drums ..... 310
Table 15.18: Wastes arising from coating and printing of metal packaging ..... 311
Table 15.19: Emissions from the coating and printing of drums ..... 311
Table 15.20: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ..... 312
Table 16.1: Proportions of solvents in different coating systems used for the coating of bumpers ..... 330
Table 16.2: Comparison of the proportions of solvent in coating systems applied for the coating of wheel covers ..... 331
Table 16.3: VOC use in 2000 ..... 332
Table 16.4: Breakdown of conventional VOC materials ..... 333
Table 16.5: Breakdown of low VOC materials to achieve low VOC emissions ..... 334
Tabelle 16.6:Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ..... 336
Tabelle 16.7: Abwasseremissionswerte aus dem Lackieren von Kunststoffwerkstücken ..... 338
Table 17.1: Composition of different types of wood stains ..... 351
Table 17.2: Overview of the properties of wood stains and paints ..... 354
Table 17.3: Achievable application efficiency factors ..... 355
Table 17.4: Quantities of paint materials applied in different application techniques ..... 359
Table 17.5: Applied paints and amounts of organic solvents: examples of different applications in the wood and furniture industry ..... 359
Table 17.6: Specific VOC emissions for various paint systems and, some, with primary emission reduction measures ..... 360
Tabelle 17.7: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ..... 362
Table 18.1: Wood preservation default emission factors (EF), abatement efficiencies and costs for each combination ..... 377
Table 18.2: Wood preservation: Primary abatement measures ..... 377
Table 18.3: Wood preservation: Secondary abatement measures ..... 377
Tabelle 18.4: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ..... 378
Table 19.1: Air emission values from three different mirror lines ..... 386
Table 19.2: Water emission values after treatment ..... 386
Table 19.3: Referenz auf Techniken, die allgemein im Sektor angewendet werden ..... 387
Tabelle 20.1: Informationsanalyse für jede Technik, die in Kapitel 20 beschrieben ist und in allen Abschnitten 4 der Kapitel 2 bis 19 ..... 391
Tabelle 20.2: Beispiele für die Einführung des Innenraum-Roboterspritzens an einer Fahrzeugmontagelinie (Autos) [162, Eurocar, 2005] ..... 407
Tabelle 20.3: Beispiele für die Einführung des Roboterspritzens der Außenhülle unter Verwendung von Metallicfarben an einer Fahrzeugmontagelinie (Autos) ..... 408
Tabelle 20.4: Spezifische Menge an Spülwasser (Liter an Spülwasser pro Liter Austrag) als Funktion des gegebenen Spülkriteriums und der Anzahl der Schritte beim Gegenstromkaskadenspülen ..... 419
Tabelle 20.5: Energieeinsparungsmaßnahmen und -techniken ..... 422
Tabelle 20.6: Beispiele für die Anwendung von Reinigungsverfahren und –optionen ..... 477
Tabelle 20.7: Beispiele für Lösemittelsubstitutionen, die in Branchen der Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln verwendet werden ..... 484
Tabelle 20.8: Einfluss auf den Emissionswert in Abhängigkeit von der Wahl einer Doppelbett oder 3-Bett-Oxidation ..... 498
Tabelle 20.9: Vergleich der sozialen Grenzkosten des Klimawandels mit Schadensgrenzkosten durch VOC-Emissionen (siehe Annex 24.8) ..... 500
Tabelle 20.10: Emissionen und Kosten in Bezug auf die Verbrennungskapazität ..... 502
Tabelle 20.11: Maximal erlaubte Werte der UEG in Trocknern beim Flexoverpackungsdruck ..... 510
Tabelle 21.1: Reinigungstechniken, die zur Verminderung von VOC-Emissionen verwendet werden ..... 565
Tabelle 21.2: Heatsetdrucktechniken zur Reduzierung des IPA-Verbrauchs des Feuchtmittels ..... 571
Tabelle 21.3: Heatsettechniken zur Reduzierung der diffusen Emissionen aus der Reinigung ..... 572
Tabelle 21.4: Flexo- und Verpackungstiefdrucktechniken zur Minderung der VOC-Emissionen ..... 574
Tabelle 21.5: Illustrationstiefdrucktechniken zur Minderung von VOC-Emissionen ..... 575
Tabelle 21.6: Fahrzeuglackierungen: Techniken zur VOC-Minderung, die kurzfristig eingeführt werden können ..... 578
Tabelle 21.7: Züge: Techniken zur Minderung der Lösemittelemissionen in die Luft ..... 582
Table 21.8: LBM: Techniken in Bezug auf das Lackmaterial ..... 583
Tabelle 21.9: LBM: Auftragstechniken ..... 583
Tabelle 21.10: LBM: Abgasbehandlungstechniken ..... 583
Tabelle 21.11: Bandblechbeschichtung: Energieverbrauch zur Beschichtung von Aluminium- und Stahluntergründen ..... 586
Tabelle 21.12: Bandblechbeschichtung: eine Auswahl an Techniken zur Steuerung des Lösemittelverbrauchs und der –Emissionen ..... 587

Tabelle 21.13: Metallverpackungs-Emissionswerte für Lösemittel, in Verbindung mit BVT .....588
Tabelle 21.14: Metallverpackungstechniken zur Minderung der Lösemittelemissionen.....588
Tabelle 21.15: Metallverpackungen: emissionswerte für Abwasser.....589
Table 21.16: Holzlackierung: VOC-Emissionen für verschiedene Lacksysteme bei Verwendung von einigen grundlegenden Emissionsminderungsmaßnahmen.....590
Tabelle 21.17: Holzbeschichtungstechniken zur Minderung des Lösemittelverbrauchs und der –emissionen und Erhöhung des Auftragswirkungsgrades.....591
Table 24.1: Table of EGTEI synopsis sheets relevant to this document.....633
Table 24.2: Average costs and VOC reduction potential of all the measures analysed by the model .....636
Table 24.3: Possible cost-effective measures for the reduction of VOC emissions per industry.....638
Table 24.4: Factors in SED for determining annual reference emission values .....640
Table 24.5: Emissions related to sources from a plant processing 1000 tonnes of solvents.....645
Table 24.6: Example of a possible outcome of the calculation of inaccuracies.....646
Table 24.7: An example showing results of the improvement of accuracy .....647
Table 24.8: An example showing results of the increased accuracy.....647
Table 24.9: Input/output flows in vehicle paintshops (according to SED 1999/13/EC).....659
Table 24.10: Example 1 of an effective POCP calculation.....665
Table 24.11: Example 2 of an effective POCP calculation.....666
Table 24.12: Examples of relative rates of evaporation (RA) for a selection of VOCs.....666
Table 24.13: Examples of $APOCP_e$ for a selection of VOCs and a reference VOC in the five different environments A, B, C, D and E.....667
Table 24.14: Waste gas abatement techniques.....675
Table 24.15: Chemical groups of common solvents and their carbon content .....677
Table 24.16: Removal efficiency of oxidation techniques.....678
Table 24.17: Removal efficiency solvent recovery for activated carbon.....679

# GELTUNGSBEREICH

Der Geltungsbereich des Dokuments ist durch Anhang 1, 6.7 der EU-Richtlinie 96/61/EC vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) begründet.

*Anhang 1, 6.7:*
*'Anlagen zur Behandlung von Oberflächen von Stoffen, Gegenständen oder Erzeugnissen unter Verwendung von organischen Lösemitteln, insbesondere zum Appretieren, Bedrucken, Beschichten, Entfetten, Imprägnieren, Kleben, Lackieren, Reinigen oder Tränken, mit einer Verbrauchskapazität von mehr als 150 kg Lösemitteln pro Stunde oder von mehr als 200 Tonnen pro Jahr.'*

Informationen zur Auslegung einzelner Fragen, aufgeworfen bei der Anwendung der IVU-Richtlinie kann man im ‚Guidance document', das durch den Dienst der Kommission erstellt wurde, finden. Informationen dazu, wie einige Fragen in Bezug auf den Umfang dieses Dokumentes zu sehen sind, werden im Folgenden erklärt.

**Anlage**
'Anlage' ist in der IVU-Richtlinie in Artikel 2.3 so erklärt: eine ortsfeste technische Einheit, in der eine oder mehrere der in Anhang I genannten Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten durchgeführt werden, die mit den an diesem Standort durchgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können.'

**Organische Lösemittel und VOC**
Wirtschaftlich genutzte organische Verbindungen sind Chemikalien, die Kohlenstoff enthalten [76, TWG, 2004]. Die EU-Lösemittelrichtlinie [123, EC, 1999] definiert organische Lösemittel als: *'jedes VOC, das allein oder in Kombination mit anderen Stoffen, ohne sich dabei chemisch zu verändern, Rohstoffe, Produkte oder Abfallstoffe auflöst oder als Reinigungsmittel zur Auflösung von Verschmutzungen als Lösungsmittel, als Dispersionsmittel oder als Mittel zur Einstellung der Viskosität oder der Oberflächenspannung oder als Weichmacher oder Konservierungsmittel verwendet wird'*.

Organische Lösungsmittel können nach ihrer chemischen Struktur geordnet werden. Es gibt drei Hauptgruppen:

- sauerstoffhaltige Lösemittel wie:
  - Alkohole
  - Aldehyde
  - Ester
  - Ether
  - Glycolether und ihre Ester
  - Ketone
- kohlenwasserstoffhaltige Lösemittel:
  - Aliphate
  - Aromaten
- halogenierte Lösemittel.

Die Definition der VOC in der EU-Lösemittelrichtlinie lautet: *'eine organische Verbindung, die bei 293.15 K einen Dampfdruck von 0,01 kPa oder mehr hat und unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen eine entsprechende Flüchtigkeit aufweist.*' Art.3(k) der NEC-Richtlinie [139, EC, 2001] sagt jedoch: *'Flüchtige organische Verbindungen' und 'VOC' ist jede organische Verbindungen, die sich aus menschlicher Tätigkeit ergibt, mit Ausnahme von Methan, die durch Reaktion mit Stickstoffoxiden in Gegenwart von Sonnenlicht photochemische Oxidantien erzeugen kann.'* Abgesehen davon kann man mehr Beispiele für unterschiedliche Definitionen von VOC in europäischen und nationalen Regelwerken finden. Allgemein sind

zwei Formulierungen in Gebrauch: NMVOC, was für Nicht-Methan-VOC steht und VOC. Wird zweiterer Ausdruck verwendet, ist nicht immer klar, ob Methan ein- oder ausgeschlossen ist. In diesem Dokument aber, wenn es um Verbrauch und Emissionen geht, und es wird VOC verwendet, ist gewöhnlich NMVOC gemeint.

Die Industrie hat nach einer Klärung der Definitionen für ‚organische Lösemittel' und ‚Verbrauchskapazität' gefragt. Beim Fazit des Informationsaustausches konnte man sehen, dass der Austausch sich mit Informationen zu organischen Lösemitteln, die als VOC definiert wurden, beschäftigt hatte (wie sie in der EU-Lösemittelrichtlinie 1999/13/EC definiert wurden). Genauso konnte man auch sehen, dass bei der Bestimmung von BVT, sich der Austausch auf Anlagen fokussierte, deren tatsächlicher Verbrauch an Lösemitteln den Schwellenwert der Verbrauchskapazität, wie er in der IVU-Richtlinie benannt ist, überschreitet (Verwendung bei der Tätigkeit schloss dabei Lösemittelrückgewinnung aus der Abgasbehandlungsanlage ein). Die Interpretation des Kapazitätsschwellenwertes wurde im Zusammenhang mit der Arbeit, die durch die DG Umwelt zur Entwicklung einer Anleitung (guidance) zur Interpretation einzelner Bestimmungen der Richtlinie durchführte, diskutiert.

**Oberflächenbehandlung**
Abschnitt 6.7 des Anhanges I der IVU-Richtlinie bezieht sich auf die folgenden Oberflächenbehandlungen: Lackieren, Klebstoffauftrag, weitere Beschichtungsprozesse, Imprägnieren, Drucken und Oberflächenreinigung. Der Informationsaustausch berücksichtigt aber nicht BVT für Industriezweige oder Teile davon, die weitverbreitet unterhalb der Verbrauchskapazität der IVU-Richtlinie, Anhang I (6.7) tätig sind. Folgendes ist im Detail berücksichtigt:

- Drucken (mittels Rollenoffset-, Flexodruck und Verpackungstiefdruck, Illustrationstiefdruck)
- Lackieren oder andere Beschichtungsarbeiten (Wickeldrähte, Autos, LKWs, Busse, Schienenfahrzeuge, Landwirtschafts- und Baugeräte, Schiffe und Yachten, andere Metalloberflächen, Bandbleche, Metallverpackungen, Kunststoff, Möbel, Holz und Spiegel)
- Imprägnieren (durch Beschichten und Holzimprägnierung)
- Klebstoffauftrag (bei der Herstellung von Schleifmitteln und Klebebändern)
- Reinigung und Entfettung in Verbindung mit anderen Oberflächenbehandlungsarbeiten (siehe ‚Die Grenzen dieses Dokumentes zu anderen BVT-Merkblättern' unten)
- Konservierung von Holz.

Die folgenden Tätigkeiten wurden nicht berücksichtigt, da sie teilweise bei Tätigkeiten, die in den BVT-Merkblättern zur Herstellung von Textilien und Leder beschrieben sind, anfallen:

- Appretieren/ Schlichten von Leder
- Aufbringen von Wasserschutz
- Schlichten von Fasern.

Die Hersteller von Fertigzubereitungen, Lacken, Druckfarben und Klebstoffen, Lösemittelauszügen und Gummiumwandlungsprozessen fallen nicht unter den Anhang I, Abschnitt 6.7 der IVU-Richtlinie. Holzbehandlungsprozesse, wie die Herstellung von Spanplatten, das Laminieren von Faserplatten (z.B. mit imprägniertem Phenolpapier) wurden nicht einbezogen, da sie wässrige Klebstoffe benutzen.

**Oberflächenreinigung**
Oberflächenreinigung kann auf drei Arten interpretiert werden:

1. Reinigung als Haupttätigkeit, d.h. die überwiegende Tätigkeit ist die Reinigung

2. Reinigung, wo eine andere Oberflächenbehandlung die Haupttätigkeit ist (d.h. Oberflächenbehandlungstätigkeiten wie in Anhang I, Abschnitt 6.7 der IVU-Richtlinie beschrieben, d. h:

- Oberflächenreinigung des Substrates/Untergrundes vor der Oberflächenbehandlung
- Reinigung der Anlagen.

In beiden Fällen wurden die Techniken als Oberflächenbehandlung oder damit verbundenen Tätigkeiten in den Umfang des Dokumentes aufgenommen.

3. Reinigung mit Lösemitteln, wo die Oberflächenbehandlung nicht die Haupttätigkeit ist. Z.B. die Reinigung eines Behälters zwischen den Chargen zur Herstellung eines lösemittelhaltigen Produktes wie Lack. Das wird nicht als verbundene Tätigkeit zur Oberflächenbehandlung gesehen und wird deshalb nicht im ‚Geltungsbereich' des Dokumentes berücksichtigt.

**Die Grenzen diese Dokumentes zu anderen BVT-Merkblättern**
Die Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln wird auch manchmal in anderen BVT-Merkblättern behandelt. Beispiele für diese BVT-Merkblätter sind:

- das Gerben von Ledern und Häuten (TAN)
- die Textilveredlungsindustrie (TXT)
- die Zellstoff- und Papierherstellungsindustrie (PP)
- die Eisenmetallherstellung (FMP)
- Glas- und Mineralfasern (GLS)
- die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoff (Reinigung und Oberflächen-vorbehandlung) (STM).

Diese BVT-Merkblätter können zur Bestätigung, zum Vergleich und zur Hinterfragung der dargestellten Informationen benutzt werden. Schlussfolgerungen aus anderen BVT-Merkblättern beeinflussen oder beschränken nicht die Schlussfolgerungen in diesem Dokument.

Zusätzliche Techniken und unterstützende Informationen kann man in anderen BVT-Merkblättern, insbesondere dem zur Abwasserbehandlung (CWW) [2], zur Lagerung (storage) [3] und dem Monitoring (MON) [4], finden. Es wurden keine Schlussfolgerungen zu BVT für Beschichtungen mit Lösemitteln in den genanntenDokumenten angeführt. Wo aber vergleichbare physikalische und/oder chemische Bedingungen wirken und die wirtschaftliche Machbarkeit berücksichtigt wird, können die Schlussfolgerungen eventuell auf diesen Sektor übertragen werden.

Es gibt Beispiele für Tätigkeiten, die in den Umfang des BVT-Merkblattes zur Behandlung der Oberflächen von Metallen und Kunststoffen (STM) fallen, das ist Kategorie 2.6: *Anlagen zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen durch ein elektrolytisches oder chemisches Verfahren, wenn das Volumen der Wirkbäder 30 $m^3$ übersteigt*, die auch unter den Umfang dieses Dokumentes fallen. Die Entscheidung, ob die Informationen zu den Tätigkeiten in beide oder in eines der beiden BVT-Merkblätter getan werden, wurde nach praktischen Erwägungen entschieden, die Daten wurden mit Verweisen versehen. Elektrophoretische Beschichtung (E-Coat) wurde in dieses Dokument aufgenommen.

[2] The BAT reference document on the Waste Water and Waste Gas Management/Treatment in the Chemicals Sector 67 EIPPCB (2003). "Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector", European Commission.

[3] The BAT reference document Emissions from Storage 91 EIPPCB (2005). "Reference document on Best Available Techniques on Emissions from Storage".

[4] The reference document on the General Principles of Monitoring 113 EIPPCB (2003). "Reference Document on the General Principles of Monitoring".

# 1 GENERAL INFORMATION ON SURFACE TREATMENT USING ORGANIC SOLVENTS

[128, TWG, 2005]

Where this document refers to solvents, it means organic solvents (unless further clarification is given such as 'water-based', etc.).

## 1.1 Organic solvents and treating surfaces

Organic solvents are largely derived from the petroleum industry and made by established producers (although there are alternatives, such as vegetable oil esters). 4.5 million tonnes of solvents are sold and used in Europe and by far the largest demand for solvents comes from the paint and coatings industry. However, this has decreased from about 46 % in 1998 to 27 % in 2003. This is probably already due to a large shift to water-based and powder technologies, where these are technically feasible. Of the remainder, 7 % are used in printing ink formulations and 4 % in adhesives formulations. It is not possible to provide a further breakdown of these figures, as solvents producers do not know, for example, which type of formulations the solvents are used in, or if they are used for cleaning, etc.

The historic solvents sales data show a marginal average growth of 0.1 % per year over the last 10 years, below GDP growth. Projections of future consumption estimate no growth. The declining trend over the last years is linked to:

- increasing environmental legislation
- increased penetration of water-based or alternative technologies, where feasible
- solvent recycling and more effective use of solvents.

Organic solvents are usually categorised into classes of products. The most important classes are:

- oxygenated solvents: this includes esters, ketones, alcohols and glycol ethers (and their acetate derivatives)
- hydrocarbon solvents: aromatic (e.g. toluene, xylene), aliphatic and paraffinic hydrocarbon solvents
- chlorinated solvents (not included in these statistics).

Within the solvents family, there has been a tendency to move away from aromatic and white spirit types of solvents, and to use less volatile products (less combustible, less potential exposure, less VOC release) where possible.

The production of solvents directly involves about 10000 jobs and a turnover of EUR 2500 million to 3000 million. Solvent usage involves about 10 million jobs in more than 500000 companies in the EU-25, most of which are SMEs representing a global turnover of about EUR 200000 million.

In this IPPC sector, the industries described use solvents for a wide range of activities. They are used in cleaning the surfaces to be treated, as well as a carrier for the treatment (such as ink, paint, preservative, insulation, adhesive). The industries themselves use the treatments for one or a combination of:

- communication (printing)
- decoration
- prevention of corrosion and/or decay of surface or product
- product preservation and delivery (such as food and drink cans, food packaging, aerosol cans, toiletries, drums, etc.)
- the application of a layer with a special function (e.g. electrical insulation, abrasion, adhesion).

This chapter (Chapter 1) provides general information on all the industries or activities concerned. Chapters 2 through to 19 each address an industry in the sector and consist of the four following sections:

Section 1: general information on the industry or activity concerned
Section 2: a description of the industrial processes used within this industry or activity
Section 3: data and information concerning current consumption and emission levels reflecting the situation in existing installations at the time of writing
Section 4: techniques to be considered for determining BAT as explained below for Chapter 20; however, the emphasis is on techniques or information specific to the individual industry or activity.

Chapter 20 describes general techniques for the reduction of consumption and emission reductions and other techniques that are considered to be most relevant for determining BAT and BAT-based permit conditions in more detail, and are relevant for all or most industries or activities concerned.

Chapter 21 is in two parts: Section 21.1 sets out generic BAT applicable in all industries in this sector. Section 21.2 through to 21.19 set out specific BAT for each industry to be used in conjunction with those in Section 21.1.

Paragraph 5 of the Preface sets out more fully how to understand and use this document.

## 1.2 Key environmental issues

### 1.2.1 Overall

The STS coating industries have a major role to play in extending the life of metals, such as for automotive bodies, ships, aircraft and construction materials, as well as providing means of preserving and delivering food and other products in packaging. The main environmental issues relate to solvent emissions to air, water and soil, particulate emissions to air, energy usage, waste minimisation and management, and site condition on cessation of activities.

Because of the flammable nature of solvents, their potential impact on the health and safety of workers and often their offensive odours, they have been controlled and extracted from the processes for many years. The industry can also discharge particles from the processes, especially from spraying and sanding. The extraction, and where applied, treatment of solvents and particles uses large fans and other equipment that can be major sources of noise. Many installations also use production equipment that is inherently noisy. Solvents may be used not only in cleaning the substrates but also equipment, giving rise to wastes containing solvents which may need special management for recovery and disposal. The sector uses significant energy both in the production processes, but also in end-of-pipe waste gas collection and treatment. The following issues are crucial:

- minimisation of the consumption of raw materials and energy
- minimisation of emissions by process design, management and maintenance and by waste gas treatment
- assuring chemical safety and prevention of environmental accidents.

The measures to achieve better environmental performance are frequently complex and have to be assessed in respect to their potential impacts on workplace health and safety, on the quality of the product and other processes, the age and type of installation, as well as on the benefits to the environment as a whole. Best available techniques will be balanced against these criteria and therefore include changes within process units as well as end-of-pipe abatement techniques.

Sophisticated process control and treatment techniques play an important part in achieving improved environmental performance. However, competent operation and regular maintenance are as essential as is the choice of technology. Important considerations therefore include good management and working practices, good process and site design, education of the workforce on environmental and process performance, workplace safety and accident prevention, and finally, monitoring of the process and environmental performance.

### 1.2.2 Solvents

Because of their properties and the quantities involved, solvents are the key materials of concern:

- VOCs react with $NO_x$ in the presence of sunlight to form ozone in the troposphere. This usually refers to NMVOC (non-methane volatile organic solvents)
- halogenated solvents, their toxicity and their impact on reducing ozone in the stratosphere
- some solvents are toxic to aquatic organisms
- some solvents are not readily biodegradable, so they have the potential to contaminate soils. Traditional solvents are not PBT (persistent, bioaccumulative, toxic) and none are vPvB (very persistent, very bioaccumulative). However, solvents can readily spread through soil to groundwater, where there are limited or no mechanisms for their removal or breakdown. There are numerous reports of aquifers used for drinking water being contaminated by solvents (although not necessarily from these industries).

Surface treatment using solvents was the third largest source of VOC emissions from European IPPC industries in 2001, according to EPER, see Figure 1.1. However, the register has a threshold for reporting only emissions greater than 100 tonnes released to air a year, so many installations with lower releases will not have reported.

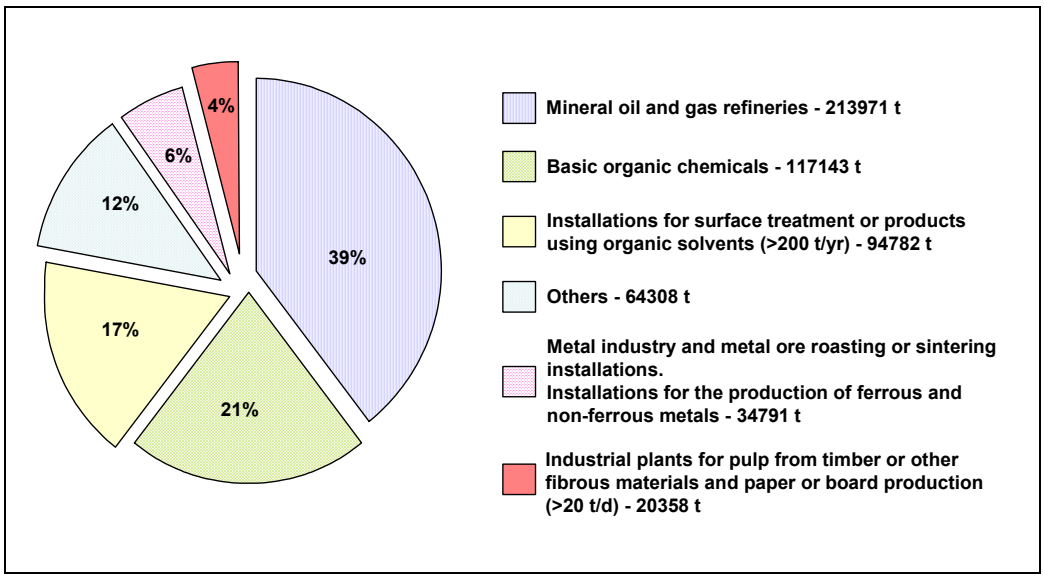


**Figure 1.1: Non-methane volatile organic solvent emissions from IPPC processes for 2001 [194, EPER, 2001]**

### 1.2.3 Metals

Toxic metals such as cadmium lead, chromium and nickel are often referred to as occurring in water-based pretreatment and pigments for inks and paint. These are controlled by other legislation such as Directive 76/769/EEC restricting the marketing and use of these and other pigments across the EU, the End of Life Vehicles Directive and the Directive on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, etc. They are not widely used in large scale surface treatments using organic solvents and are not used by the printing processes discussed in detail in this document[98, EC, 1976] [102, EC, 2000] [103, EC, 2003].

Organotin compounds and other toxic compounds may be used as catalysts in electrocoat paint systems.

Water-based passivation of zinc or zinc-alloy surfaces or aircraft bodies prior to painting is one use of hexavalent chromium that continues (in 2005) because of the difficulty in finding suitable replacements. This is discussed in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006].

Copper, chromium and arsenic salts are used in water-based wood preservation (see Chapter 18).

Small amounts of copper are used in copper phthalocyanine blue pigments for inks, but are not water-based. They are are only periodically discharged and only found at background levels in effluents. The complex is strongly bound and not readily available.

### 1.2.4 Other pollutants

A key substitute for solvent-based coatings is the use of water-based coatings. These sometimes require biocides to stop them degrading in storage or use, or may have high COD and/or BOD from solubilisers, etc. which may have low biodegradability in some cases.

In the coating of ships, the removal of old, and the application of fresh, antifouling can give rise to contaminants such as TBTO (tributyl tin oxide) and other biocides. New types of antifoulings are controlled by the IMO (see Chapter 11).

The preservation of wood uses toxic components in the treatment systems. Wood preservation accounted for about 30 % of EU-15 POP emissions in 1991, and although the use of POPs has decreased significantly, they are a factor in site decommissioning, in particular.

Ammonia is used as a stabiliser in some water-based solutions.

### 1.2.5 Energy

All the industries are significant users of energy throughout the activities: in the surface treatment processes, in associated activities, and in the pollution abatement equipment. Significant amounts of energy are used to extract solvent contaminated air, and gas may be used as a support fuel for thermal destruction of VOCs at low concentrations. The balance of energy usage and VOC abatement must be carefully considered. In many cases, integrated solutions, such as better control of fugitive emissions and planned maintenance may abate significantly more VOC, in a more energy efficient way, than solutions based on waste gas treatment alone.

### 1.2.6 Raw material usage

High efficiency techniques can be used to reduce material consumption generally. The emission of solvents can be significantly reduced by high efficiency application techniques and high solids coatings materials.

### 1.2.7 Water usage

Water is used in cooling and in other processes, in particular water-based pretreatments and coatings. Minimising water consumption is important, and therefore dealt with in this document and in the STM BREF.

Important water-based pollutants for this sector are highlighted in Section 1.2.4.

### 1.2.8 Solid and liquid wastes

Where solvents are used, the wastes generated may often be classified as hazardous. The proper storage and disposal of wastes is discussed.

### 1.2.9 Airborne particles

These arise from some of the processes (such as sanding wood and other substrates) and from spray coating processes.

### 1.2.10 Noise

Many installations also use production equipment that is inherently noisy, such as folders and cutters in printing, metal presses and also because of the high production volumes and rates. These may be enclosed because of workplace health and safety. Waste gas extraction equipment relies on large fans which are a major source of noise, and some types of waste gas treatment are also noisy.

# 2 PRINTING

[4, Intergraf and EGF, 1999] [128, TWG, 2005] unless stated differently.

## 2.1 General information on printing

### 2.1.1 Printing industry in the European Community

The printing industry is one of the largest of the European Union's manufacturing industries, being in the top ten of such industries in most countries. It is an industry which serves all sectors of the economy including public authorities, financial services, publishers, distributive services and manufacturing industries. Its customers range from major institutions to the smallest business. There are many thousands of competing firms, with capacity exceeding market take-up in most areas, so competition is intense. The entire industry in EU-25 and EFTA countries employs about 970000 people in about 125000 companies with a combined turnover of about EUR 170000 million, see Table 2.1, Table 2.2 and Table 2.3. The notes to Table 2.3 describe the printing activities included in these figures, which include many activities and installations outside the scope of this document.

| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EU-25**[(a)] | | | | | | |
| BE | Belgium | | 1794 | 1693 | 1683 | 1633 |
| CZ | Czech Republic | 4112 | 3708[(b)] | 5286 | 6100 | - |
| DK | Denmark | 1736 | 1569 | 1473 | 1352 | - |
| DE | Germany | 13584 | 14680 | 12934 | 12574 | - |
| EE | Estonia | 140 | 153 | 168 | 168 | - |
| EL | Greece | - | - | - | - | - |
| ES | Spain | 15445 | 14452 | 14445 | 13958 | - |
| FR | France | 17114 | 16962 | 16766 | - | - |
| IE | Ireland | 353 | 357 | 380 | - | - |
| IT | Italy | 20400 | 20320 | 20269 | 19603 | - |
| CY | Cyprus | 277 | 302 | 316 | 318 | - |
| LV | Latvia | 273 | 258 | - | - | - |
| LT | Lithuania | 262 | 274 | 291 | 295 | - |
| LU | Luxembourg | 86 | 78 | 77 | - | - |
| HU | Hungary | 661 | 4265 | 4322 | - | - |
| MT | Malta | 194 | 189 | - | - | - |
| NL | Netherlands | 2976 | 2848 | 2668 | 3665 | 3183 |
| AT | Austria | 1045 | 1010 | 1088 | 1095 | - |
| PL | Poland | 11001 | 10333 | 11416 | - | - |
| PT | Portugal | 3055 | 3116 | 2988 | 3237 | - |
| SI | Slovenia | 1282 | 1413 | 1133 | - | - |
| SK | Slovakia | 186 | 240 | 245 | 201 | - |
| FI | Finland | 1368 | 1311 | 1276 | - | - |
| SE | Sweden | 3951 | 3835 | 3683 | - | - |
| UK | United Kingdom | 18937 | 18814 | 18777 | 18283 | - |
| | **Totals:** | **118438** | **118573** | **121694** | - | - |
| **EFTA**(a) | | | | | | |
| NO | Norway | 1100 | - | - | - | - |
| CH | Swtizerland | 2634 | - | - | - | - |

(a) Economical indicator for structural business statistics. Classification of economic activities – NACE Rev.1.1 – DE 22.2

(b) Provisional value

Extract from Eurostat New Chronos database. Company size coverage may vary from country to country

**Table 2.1: Number of printing enterprises in European countries**
**[177, Eurostat, 2005/6]**

| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EU-25** [a] | | | | | | |
| BE | Belgium | | 22006 | 21309 | 19586 | 19169 |
| CZ | Czech Republic | - | 17531[b] | 18118 | 20274 | - |
| DK | Denmark | 16643 | 15023 | 14025 | 12590 | - |
| DE | Germany | 196489 | 191822 | 186432 | 165511 | - |
| EE | Estonia | [c] | [c] | 2489 | 2336 | - |
| EL | Greece | - | - | - | - | - |
| ES | Spain | 87209 | 82852 | 84949 | 82864 | - |
| FR | France | 120978 | 119698 | 115796 | - | - |
| IE | Ireland | 8672 | 8523 | 7936 | - | - |
| IT | Italy | 99106 | 98980 | 93680 | 94903 | - |
| CY | Cyprus | 1382 | - | - | 1573 | - |
| LV | Latvia | 3609 | 3917 | - | - | - |
| LT | Lithuania | 3145 | 3363 | 3515 | 3628 | - |
| LU | Luxembourg | 1141 | 1143 | 1140 | - | - |
| HU | Hungary | 16076 | 21213 | 23683 | - | - |
| MT | Malta | 1284 | 1249 | - | - | - |
| NL | Netherlands | 48447 | 48006 | 46550 | 36532 | 47900 |
| AT | Austria | 16803 | 16560 | 16066 | 15196 | - |
| PL | Poland | 38653 | 38233 | 34684 | - | - |
| PT | Portugal | 24588 | 25259 | 22857 | 24762 | - |
| SI | Slovenia | 5731 | 5778 | 6058 | - | - |
| SK | Slovakia | 5592 | 6118 | 5046 | 3863 | - |
| FI | Finland | 13317 | 13129 | 12390 | - | - |
| SE | Sweden | 24314 | 23839 | 22606 | - | - |
| UK | United Kingdom | - | 201000 | 191000 | 185000 | - |
| | **Totals:** | **733179** | **947711** | **930329** | **-** | **-** |
| **EFTA** [a] | | | | | | |
| NO | Norway | 10476 | - | - | - | - |
| CH | Swtizerland | 32302 | - | - | - | - |

(a) Economical indicator for structural business statistics. Classification of economic activities – NACE Rev.1.1 – DE 22.2

(b) Provisional value

Extract from Eurostat New Chronos database. Company size coverage may vary from country to country

**Table 2.2: Number of employers in the European printing industry**
**[177, Eurostat, 2005/6]**

As well as printing on paper, additional markets for printing on other substrates such as plastics, cardboard and metal are also considerable (for printing on metal, see Metal packaging, Chapter 15).

While many of the listed products can be produced on the same kind of machine, economics dictate that some of them have to be printed on specialised equipment. The main processes described (see Figure 2.1)all have specific properties and associated costs, and are used as requirements demand. Sometimes, more than one process may be used on the same job, and occasionally a specific printing press may incorporate more than one process.

Printing processes convert original text and pictures into an image on a carrier (but see digital, below), and the main process types are named according to how this image is carried. The carrier can be a plate, cylinder or stencil. All image carriers have two separate surfaces – an image (printing) area and a non-image (non-printing) area. The image area accepts the ink, but the non-image area does not accept or retain any ink.

| Turnover (Total EUR million) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| **EU-25** | | | | | |
| BE | Belgium | 7698 | 7548 | 7244 | 7319 |
| CZ | Czech Republic | | | | |
| DK | Denmark | 3418.3 | 3248.7 | 2904.4 | |
| DE | Germany | 34404 | 32692 | 32828 | 33050 |
| EE | Estonia | 45.2 | 141.5 | 182.9 | |
| EL | Greece | | | | |
| ES | Spain | 5855 | 6070 | 6090 | 6325 |
| FR | France | 22454.5 | 12003.2 | 21046.9 | |
| IE | Ireland | 829 | 800.7 | | |
| IT | Italy | 21593.5 | 22531.7 | 22447.3 | |
| CY | Cyprus | 177.7 | 165.1 | 158 | |
| LV | Latvia | | 184.3 | 193 | |
| LT | Lithuania | 150 | 183.2 | 182.8 | |
| LU | Luxembourg | 279.425 | 281.643 | 309.557 | |
| HU | Hungary | 1441.4 | 1679.1 | | |
| MT | Malta | 139.7 | 169.1 | | |
| NL | Netherlands | 11516.1 | 10954.8 | 10134.9 | |
| AT | Austria | 3317.5 | 3264.6 | 3274.7 | 3287.47 |
| PL | Poland | | | | |
| PT | Portugal | 253.3 | 153.8 | 89.2 | |
| SI | Slovenia | | | | |
| SK | Slovakia | 374.4 | 370.9 | 368.2 | |
| FI | Finland | 3326 | 3198 | 3055 | 3147 |
| SE | Sweden | 9048 | 8914 | 8684 | 8850 |
| UK | United Kingdom | 44225.4 | 42146.2 | 35043.9 | |
| **Total EU-25:** | | 186327.1 | 172291.8 | 166318.2 | |
| **EFTA** | | | | | |
| NO | Norway | 2784.4 | 2837.3 | | |
| CH | Swtizerland | 13000 | 12800 | 12400 | 12500 |

Notes: The totals are the sum of all economic activities in NACE Rev.1.1 - DE 22.2, Printing and service activities related to printing:

- 22.21: Printing of newspapers
- 22.22: Printing
- 22.23: Book binding
- 22.24: Pre-press activities (composition and plate-making)
- 22.25: Ancillary activities related to printing

**Table 2.3: Turnover of the European printing industry, all activities**
**[177, Eurostat, 2005/6]**

The main printing processes are listed below (and see Figure 2.1) and described in Section 2.2:

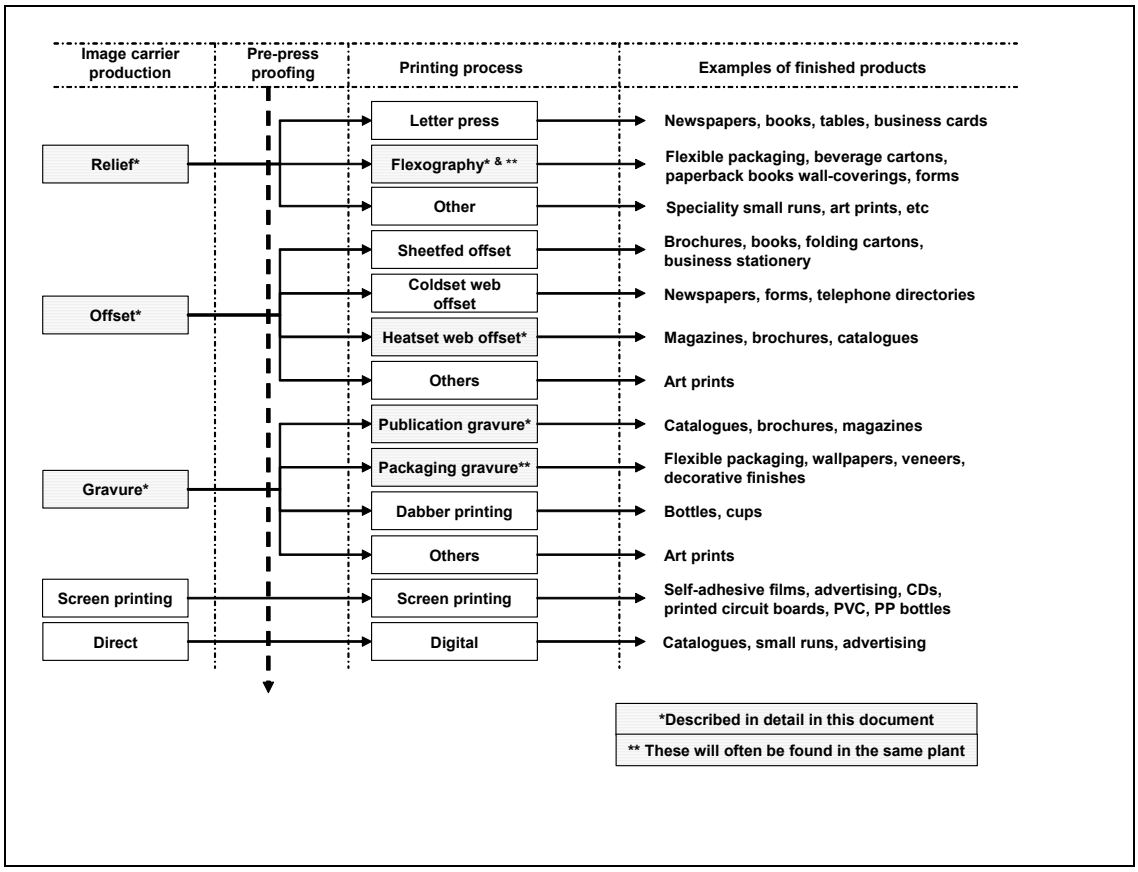


**Figure 2.1: Overview of main printing processes**

### Relief printing

This uses a printing surface that is in relief, i.e. raised above the non-printing surface. ***Letterpress*** and ***flexography*** are examples of this process. Flexographic printing can run in installations large enough to exceed the criteria in IPPCD Annex 1 (6.7), but often at this size it is found running with packaging gravure, together with laminating and varnishing.

### Offset printing

The image and non-image areas are in the same plane on a plate, which can be of metal, plastic or paper (a technique know as ***lithography***, usually abbreviated to ***'litho'***).

Because offset plates do not last when being constantly abraded by contact with the printing substrate on long print runs, the image is put or 'offset' onto a softer intermediate blanket which transfers the image to the substrate. This type of printing is known as ***'offset'*** and is the most commonly used process.

The substrate can be fed as a roll or web, known as ***'webfed'***, or as sheets ***('sheetfed')***. '***Heatset***' and ***'coldset'*** refers to the technique used to dry the ink. Heatset web offset can run in installations large enough to exceed the criteria in IPPCD Annex 1 (6.7).

### Gravure

This is the best known of the intaglio printing processes, but copperplate and die stamping are others. Here, the printing areas are tiny recesses inscribed on a cylinder below the non-printing areas. These recesses are filled with ink, the surplus ink is removed and the substrate is pressed against the printing cylinder. Publication gravure and packaging gravure can run in installations large enough to exceed the criteria in IPPCD Annex 1 (6.7).

**Stencil**
***Screen printing*** is an example of stencil printing, in which the printing and non-printing areas are carried on a screen. The non-printing areas are formed by blocking out parts of the screen, while the ink is forced through the non-blocked parts onto the substrate.

**Digital**
Produces an image directly onto a substrate from digital information without the creation of an intermediate permanent image.

**The business use of the processes**
While many businesses also handle the creation of the image and all the processes involved before the actual printing takes place, along with the binding and finishing, a large number of companies exist solely to do these specific operations. Equally, many thousands of commercial firms such as banks do their own printing in-house.

Additionally, there are many high street printing shops (copy shops). Traditionally, they used the same equipment as the smaller 'conventional' printer, but now these businesses are based on photocopying and inkjet and/or digital printing.

## 2.1.2 The products

### 2.1.2.1 Newspapers

Virtually all newspapers are printed by coldset web offset. A typical local newspaper plant could have one or two presses with four units on each press, but larger, specialist printers doing national newspapers may have as many as ten presses. Coldset machines with a narrower web are also used for the production of advertising flyers, paperback books and telephone directories.

Older letterpress machines may still be found in some countries, but their use has declined rapidly over the last 20 years. One or two firms have changed to the flexography process recently. Where the newspaper printers switch to flexography, this is always water-based.

### 2.1.2.2 Magazines and catalogues

Magazines with a circulation of over 10000 are generally printed by heatset web offset, although shorter runs will be done by sheetfed offset. Heatset web offset is also used to print travel brochures, mail order catalogues, and advertising material for inserting into newspapers and magazines. It is also used for printing some colour books.

Very long run magazines and similar publications tend to be printed by gravure, where the extra costs of making a gravure cylinder over those of offset plate making, can be sustained. As a result of the high level of investment and the high output, these processes are generally used in large companies.

Gravure has a reputation for being able to print on relatively poor paper surfaces, yet still achieve a good, rich print. Heatset web offset, on the other hand, requires a good coated or uncoated paper to achieve the same quality. Some firms have both gravure and heatset web offset presses to print magazines of different run lengths.

#### 2.1.2.3 Books

Most colour and short-run black and white books tend to be printed by sheetfed offset, whereas long-run single colour books such as paperbacks are printed on the web, usually by coldset web offset but sometimes by letterpress. Mainly, sections of 8, 16 or 32 pages are printed at one time, and then bound to produce the book.

Several hundred firms in each country are capable of printing short-run books by sheetfed offset, for in-house or off-site binding. Long-run work would only be done by a few specialists.

A very small number of specialised continuous belt presses are in existence, which print the entire book in one operation, rather than in several separate sections. These normally print by letterpress using flexible plates. The production of short-run books and booklets is mainly a local operation, but long-run work is open to national and international competition.

#### 2.1.2.4 General printing

There is an enormous variety of printed work known as general or commercial work, which includes advertising literature, company reports and accounts, greetings cards, calendars, brochures, leaflets, posters and the like, which are printed by sheetfed offset.

#### 2.1.2.5 Security printing

The general category of security printing includes a large number of products, from banknotes, passports, stamps, cheques, tickets and coupons to those that rely on the security of the information, such as company reports and accounts, city financial documents and examination papers. This requires a wide range of processes, some of which are specific only to security printing.

#### 2.1.2.6 Labels

There are basically two types of label, i.e. wet labels and self-adhesive roll labels. The former are usually printed by conventional sheetfed offset, then guillotined for subsequent glueing and wrapping around cans and bottles. Self-adhesive labels are printed on a web made up of several layers, including the backing paper, adhesive and front layer, which is printed and cut to the desired shape.

Self-adhesive roll label printing is a highly specialised operation and the equipment is only used for that purpose. The presses may be rotary letterpress, flexo, or offset (water-based or waterless), and may also incorporate screen printing and foil blocking. A specific press may incorporate several processes.

#### 2.1.2.7 Business forms

The printing of business forms is also highly specialised, although the market is rapidly declining due to ever increasing IT capabilities. It can be broken down into two areas: continuous forms and cut sets which are usually A4 size. Business form sets may be printed in sheet form, then collated to form the set, and glued by pasting one edge of a thick block of many sets, for later separation by the user.

#### 2.1.2.8 Paper and cardboard packaging

Paper and cardboard packaging comes in three main forms: paper packaging such as paper bags, and cartons made from either solid or corrugated cardboard. It is a very large market, of around the same order of magnitude as the markets for newspapers, books and security printing.

Cheap paper bags will often be printed by flexography, using water-based inks.

There are a number of markets: food and drink packaging, and pharmaceuticals are the largest. With food packaging, printing is often done using UV inks, to ensure complete drying (curing) and no leaching of ink into the food.

Cartons made of solid board are printed by sheetfed offset on large, multicolour machines, to a high quality and accuracy. Corrugated board is generally printed in water-based sheetfed flexography [76, TWG, 2004].

For longer runs, printing may be by web offset, flexography or gravure. Gravure is used when high quality is required, for instance, for cigarette packets.

#### 2.1.2.9 Flexible packaging

Printing of flexible packaging can include PVC, polycarbonates or PET films and foils. The production of flexible packaging often includes laminating different plastic films and aluminium foil together (before or after printing) [76, TWG, 2004].

#### 2.1.2.10 Products requiring thick ink films

Screen printing produces a characteristically thicker film and is therefore used for many different products such as:

- high visual impact such as in the point of sale advertising, posters, car decals
- PVC, polycarbonate or PET bottles
- CDs, DVDs
- printing designs onto paper for transfer to T-shirts using heat
- some specialist wall coverings
- the thick coatings needed for ‘scratch card’ gaming tickets
- the magnetic strips on railway tickets and credit cards
- applying etch resist in making printed circuit boards (more information can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006])
- textiles.

The substrates printed in screen printing consist of about 40 % of the printing on self-adhesive films, 20 % of printing on plastics (including rigid plastics), and 20 % of printing on cardboard. Much use of the process is also made in printing on textiles and metals. Run lengths are usually very small, with two thirds of all orders being under 1000 copies.

#### 2.1.2.11 Wallpaper, decorative paper and paper-based foils for the furniture and lamination industry

A variety of processes are used to print wall coverings, with gravure (similar to packaging gravure, see Section 2.2.3.6) and flexography having largely replaced offset. Many products are also embossed, and it is quite common to see combinations of all three processes used on the same reel of wall covering.

Many printers use the same range of inks to print both vinyl-coated and plain papers by both gravure and flexography. One or two firms have recently started to introduce water-based gravure inks, but these are still very much in the minority as the process needs more development for most products.

Some specialist firms use the screen process for short-run, expensive wall coverings.

#### 2.1.2.12 Envelopes

Envelopes can be printed by flexography for the inside, and using water- or solvent-based inks for the outside. Printing, glueing and die cutting can be carried out at the same time from a reel. Alternatively, envelopes can be 'pre-printed' by offset, and printed sheets or printed reels are die cut after printing. Supplementary to this, the finished envelope can be printed on the outside by sheetfed offset using conventional or UV drying inks [76, TWG, 2004].

## 2.2 Applied processes and techniques in printing

Production processes in graphic production are schematically shown in Figure 2.1. The printing process can be divided into four main unit processes: pre-press and proofing systems, making the image carrier printing, and finishing, and they are discussed in the following sections. Of these four processes, the printing process has the most significant environmental impacts: the others are associated activities and are explained in general terms to give a clear idea of printing installations [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

### 2.2.1 Pre-press and proofing systems

The pre-press processes include text and image processing. It is fairly similar for all printing technologies. Today it is mainly produced electronically. Once the desired format and images are assembled, the data can be transferred in one of two ways:

- exposed on photographic film. The photographic emulsion on the film is composed of silver halide and gelatine. The exposed film is developed, fixed and rinsed in automatic machines. This method is used decreasingly, and largely when the film is the end-product of the pre-press stage
- digitally. This is becoming the predominant method [76, TWG, 2004].

A proof print is often made for checking the reproduction process. Today, proofs can be made directly from the data in the computer being shown on the screen, or being printed out with an inkjet or laser print [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

Organic solvents are not used in the pre-press process and there are normally no other emissions to air. Emissions to water from the pre-press process can be silver compounds in the rinsing water, used developer, or fixer and chromium compounds from cleaning chemicals [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

### 2.2.2 Creating the image carrier: printing plate, cylinder, stencil making and computer-to-plate (CTP)

The image carriers are used in the printing processes to transfer the printing ink directly or indirectly (offset processes transfer the ink indirectly) to the substrate (paper, cardboard, plastic, etc.). They are normally made by copying the films onto light-sensitive coatings on the printing plates, cylinders or screens, respectively. Before this, the films have to be mounted so that they correspond to the size of the printing form and the printing sheet or web. The printing form has to be developed or washed-out, and sometimes engraved or etched, before it is ready for printing.

New technology makes it possible to produce printing forms directly from the computer without the photomechanical process and the photographic films are no longer needed. The process is known as computer-to-plate (CTP) [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

Degreasing, etching and electroplating are techniques used in cylinders in the gravure process and are discussed in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]. The STM BREF also discusses the application and forming of photopolymers, which are used in printing designs during the production of printed circuit boards.

***Letterpress and flexography***
The printing plates used in letterpress printing are made of photopolymers which cross-link and harden under exposure to UV light [76, TWG, 2004]. While some plates still have to be processed using solvents, most systems rely on water-based methods and jets of air [4, Intergraf and EGF, 1999].

Origination and image-forming for the flexographic process are the same as for a letterpress, except that the photopolymers used are softer. They can also be made of rubber.

***Litho, offset***
The printing plates are usually aluminium coated with a photosensitive coating, although the base can be plastic or special papers. The image is formed photochemically, leaving a surface area of the plate treated to receive ink in the relevant (image) areas. The non-printing areas are 'wetted' by a water or water-solvent mixture called the dampening solution, which rejects ink. The waterless offset process uses special plates which have an ink-repelling surface which is photochemically removed in the printing areas.

***Gravure***
The cylinder used in the gravure printing process consists of a steel base which is plated with copper (more information can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]). The image is then engraved in the copper, usually by using electromechanical or laser-engraving machines. A minority of cylinders are still made by traditional photographic and etching methods. The cylinder is degreased, deoxidised and polished. Following this, a thin layer of hard chromium is electroplated on to protect the image in the softer copper. Chromium is deposited by electrolysis in a bath containing chromic oxide and sulphuric acid (see the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]). Again, after the chrome plating, the cylinder is polished [76, TWG, 2004].

The production of the cylinder is slow and expensive, compared to other printing methods, and the cylinder is heavy and difficult to handle. It is therefore used in gravure printing only for long runs, as heatset can achieve similar quality. In packaging gravure, the alternative (flexography) does not achieve such a high quality, and the runs can often repeat using the same cylinders. [128, TWG, 2005]

***Screen printing***
The image carrier is a stencil supported by a fabric stretched tightly on a frame. This image carrier is called a screen.

The production of screen stencils falls into four main categories: hand cut stencils, electronically cut stencils, photomechanical stencils and the direct method.

In the first of these, the stencil is cut by hand with a sharp scalpel from adhesive-backed masking material. The second method is a development of this, when the stencil is cut using computer controlled techniques. The manually or computer generated artwork is scanned with the controlling drafting head directing a cutting blade or stylus to create complex, accurate stencils from masking material. While use of this latter method will undoubtedly increase with computer automation, the major method in use today is the photomechanical stencil.

With photomechanical stencil making, light-sensitive material is exposed to an opaque positive image, thus hardening the non-image areas hit by light and rendering them insoluble. The unexposed image areas are dissolved away to leave open, clear reverse stencil areas.

With the direct method, the screen is coated with a photosensitive emulsion, and the image is projected directly onto the photostencil from a UV light source. After exposure the image is washed out in the same manner as other methods. This avoids the generation of an opaque positive image [76, TWG, 2004].

### 2.2.3 Printing

After the image carrier has been mounted in the press, the printing can be started.

#### 2.2.3.1 Letterpress and letterset

[4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998]

Letterpress and letterset are (as flexography) relief printing methods, where the image is raised compared with the then non-printing areas. Letterpress was the most widely used printing process up until the early 1970s when offset lithography and other processes superseded it for a variety of reasons including higher speeds, better quality and lower unit costs. Nowadays, wooden blocks and metal type have been replaced by a plastic relief plate, which is obtained by exposure of a negative film to light, the light hardening the plate in the image areas and the unhardened areas being processed away. Flatbed letterpress has limited uses for a range of short-run general jobbing work.

Letterset is an indirect flexographic printing process. The image is transferred to a rubber blanket (as in offset) and then onto the object to be printed. This is used for printing beverage cans, often with solvent-based inks (see Chapter 15) [76, TWG, 2004].

Cleaning operations are mainly done by hand with the same cleaning materials as used in the offset processes.

#### 2.2.3.2 Flexography

[4, Intergraf and EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

Flexographic printing employs direct rotary printing using resilient relief plates such as rubber or, as is more likely these days, photopolymers and fast-drying solvent or water-based inks.

Flexography is almost exclusively a reel or webfed process. It is a simple method of printing normally with a very easy inking system using one main dispensing roller with a rough surface.

Specially designed flexo presses now produce a wide range of printed products. It is particularly suitable for long-run web printing, and is very adaptable to a wide range of substrates – from thin paper to heavy corrugated cardboard, thin cellophane to thick flexible sheeting, vinyls and foils. The main applications of the process are flexible packaging, cartons for liquids, some newspapers, paperback books, labels, paper/plastic bags, cartons/packaging and wall coverings.

Plants producing and printing corrugated cardboard use sheetfed presses. The corrugated cardboard is cut into rigid sheets which go through the whole press horizontally. The presses are either 'bottom printers' or 'top printers', i.e. print on the underside or topside of the substrate.

**Inking unit**
Many different products and substrates may be printed on the same press and, therefore, inks may have to be changed regularly. Food packaging inks have changed over the years from those based on aromatic solvents to aliphatics, that is, from toluene and xylene to ethanol and ethyl acetate. These inks dry by evaporation; however, UV curing inks are also used [76, TWG, 2004].

The ink has low viscosity, is fluid and traditionally held in an inkpan from where it is picked up by a rotating rubber fountain roll. The fountain roll subsequently delivers the ink to the metering roll. Excess ink is removed from the metering roll with a doctor blade before it is transferred to the printing plate.

A more modern system is the chamber doctor blade where the ink reservoir is connected with a fountain head from which the ink is supplied directly onto the ink-metering (anilox) roll. As the ink is circulated by pumps in the box-like construction, the transfer of ink onto the anilox roll is independent of the press speed. Two doctor blades, connected to the fountain head, fit closely against the anilox roll.

**Ink-metering (anilox) roll**
In a flexo press, the ink is transferred from the ink-fountain to an ink-metering (anilox) roll. The ink-metering roll is ceramic and covered with cells by which the ink is metered out onto the printing plate; how much depends on the depth and structure of the cells, the pattern formation and the screen count. The cells can be mechanically or laser engraved, and if necessary can be re-engraved.

**Plate cylinder**
The plate cylinder is usually a steel cylinder onto which the printing plates are mounted with a double-sided adhesive. Flexo printing plates are usually made of UV sensitive polymers or rubber, and are resilient and flexible, which has given the technique its name.

**Impression cylinder**
Flexographic printing machines may be designed as a series of units, or in compact form. In series construction, each printing unit has its own impression cylinder and are lined up in stands one behind the other. In compact form, several printing units (up to a maximum of eight) may be supported on both sides or, in the case of small presses, hung from one side (cantilever type) of a central impression cylinder. This is also known as a satellite press [76, TWG, 2004]. Figure 2.2 shows an eight-colour flexo press with a central impression cylinder (satellite press).

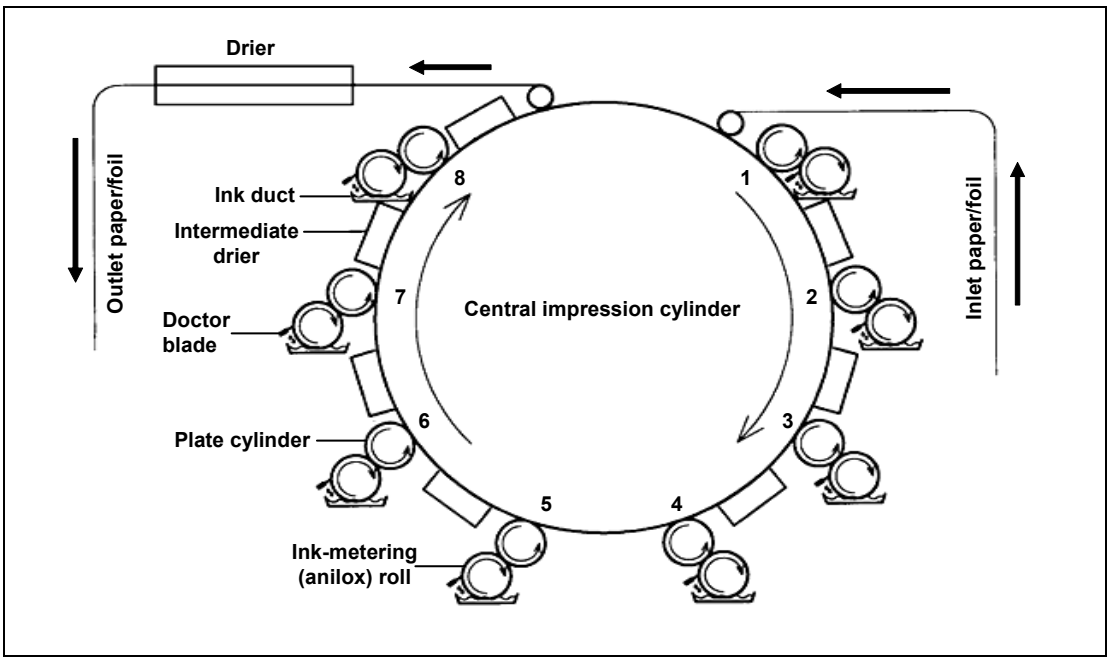


**Figure 2.2: Eight-colour flexo press with a central impression cylinder (satellite press) [35, Aminal, et al., 2002]**

**Cleaning**
Cleaning of printing plates and machine parts is done with solvents similar to those in the inks or vanishes. Ultrasound cleaning and cleaning with high pressure powder can be used for persistant contamination.

### 2.2.3.3 Offset: general

[4, Intergraf and EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

Offset printing is a planographic printing technique, i.e. where the image and non-image areas are on the same plane as the image carrier. The non-printing areas are kept free of ink by being ink-repellent while, on the other hand, the printing areas are ink-receptive. This is achieved by the offset ink being oil-based and the non-printing areas are kept clean with water or water-based solutions, as the water and oil repel each other. The additives to the water are usually isopropyl alcohol (IPA) or isopropyl alcohol substitutes/extenders, etc. However, waterless printing is also possible, where the non-printing areas are kept free of ink by an ink-repellant coating [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [11, IMPEL, 2000, 76, TWG, 2004].

Offset is currently the most widely used printing process, due to its versatility, speed, quality, and cost-effectiveness achieved by a series of developments in plates and extending their life by the offset process, improved materials allowing higher quality and ease of use with photosetting.

Offset machines come in a variety of sizes, from the small offset sheetfed press which prints A3 through the large sheetfed press of 1200 x 1600 mm or more dealing with many colours at a time, to the large web presses printing paper two metres wide at very high speeds. The versatility of the process allows the production of a very wide variety of printed products [76, TWG, 2004].

Modern web presses are built with eight units which makes it not only possible to print eight colours on one side of the substrate, but also to print four colours on each side in one run. Modern presses are also built to meet an increasing demand for automation and new presses come equipped with automatic cleaning systems for plates, blankets and impression cylinders, automatic systems for changing plates, etc. [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004].

Depending on the type of printing process, substrate or products printed, the offset process is further divided into sub-processes [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004]:

- sheetfed offset
- heatset web offset
- coldset offset.

Offset inks used in sheetfed and coldset offset dry through adsorption into the paper and by oxidation. With glossy paper especially, adsorption happens too slowly for modern fast printing presses. Modern high speed webfed offset presses, onto which non-adsorbent paper is printed, are, therefore, equipped with forced hot air drying systems; these offset printing processes are called 'heatset'.

**The dampening unit**
[4, Intergraf and EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

The task of the dampening unit in an offset machine is to wet the surface of the printing plate with a uniform film of moisture during printing, so that when inking follows, it only adheres to the plate in the image areas.

Film dampening units are the most widely used. These put down a thin film of dampening solution onto the plate using a series of rollers which distribute the liquid in a controlled and consistent way.

This dampening unit construction operates either with water or, in many cases, with a water-isopropanol solution, (or in some cases, ethanol. Note that ethanol has a higher OFP; see Section 20.10.2) and uses the technologically favourable (in respect of printing) properties of IPA. The acidic IPA-based dampening solutions (with a pH of normally between 4 – 5.5) enhance the desensitising action in the non-image areas and maintains their hydrophilic properties. Other commonly used additives are: gum Arabic, corrosion inhibitors, wetting agents, drying stimulators, fungicides, antifoaming agents, etc. [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

IPA has a lower surface tension than water and, therefore, has the capacity to wet the plate more effectively. The process is complex, but empirically, it is generally accepted that a thinner film of dampening solution can therefore be deposited on the plate, which allows greater control, especially on high quality print jobs. Set up times can be reduced, so less paper is wasted. The printing can be sharper, and less water on the plate means fewer problems with paper stretch.

The extent of IPA use varies from country to country, with the make and model of the press, the paper type and the difficulty of the job. Since IPA evaporates faster than water, circulation units for the dampening solution and the dosing of IPA or ethanol are, in many cases, fitted with a cooling unit in order to reduce evaporation. The dampening solution is continuously pumped towards the press, and the excess returns to the container via an overflow. The concentration of IPA in the container is measured continuously. IPA is added automatically when the concentration diminishes.

**The inking unit**
[4, Intergraf and EGF, 1999]

The inking unit found on offset presses varies with the size of the press and the job it is designed to do. Large presses and those designed to print quality work are likely to have many rollers in the ink train to ensure uniform ink distribution (more than 20 rollers is not unusual). Three or more of these actually apply the ink to the plate, with the quantity of ink being applied at any point across the width of the plate being adjustable by turning ink screws by hand or, increasingly these days, this can be computer controlled.

Rollers are made of, or covered with, different materials, such as steel, synthetic rubber or polyurethane. From time to time, the ink needs to be removed by cleaning.

Drying may be accelerated by infrared heating or, alternatively, special inks may be used which are cured by ultraviolet radiation [4, Intergraf and EGF, 1999].

**Cleaning**
Depending on the printed image, the substrate and the ink being used, paper debris such as dust and lint, and printing ink constituents can build up on the rubber blanket. The quality of printing then declines so the blanket surface has to be cleaned. With smaller and medium format machines, cleaning is carried out by hand and predominantly with wipes and cleaning agents. In the case of larger sheetfed machines, the use of automatic blanket cleaning units (with cleaning programmes) is increasing.

Obviously, the image has to be removed from the blanket between jobs. Both in manual and automated blanket cleaning, mainly hydrocarbons and water (to remove paper solids on the rubber blanket) are used. The cleaning agents are predominantly naphthenic and aliphatic hydrocarbons. Increasingly high-boiling hydrocarbons with a flashpoint of >100 °C and vegetable oil esters and/or mixtures of hydrocarbons and vegetable oil esters are used.

When a print run (or shift) is finished and the next printing work requires the use of other inks, cleaning of the inking units (ink rollers, ink ducts) and printing units (impression cylinders, etc.) is necessary. In the case of oxidative drying printing inks, such cleaning work may also be necessary at the end of each shift. To clean the inking rollers, cleaning agents are sprayed on and the cleaning residues are wiped off. Sheetfed machines of modern design are increasingly fitted with automatic cleaning units. The cleaning of the ink ducts is done either by hand or in special cleaning units, usually with the same materials as used for blanket cleaning [76, TWG, 2004].

#### 2.2.3.4 Sheetfed offset
[128, TWG, 2005]

The sheetfed offset process is normally used for printing volumes of up to 20000 impressions, the mean value being approximately 7000. The printing capacity of a modern sheetfed press can run 15000 impressions or more per hour. Sheetfed offset is mostly used for printing on paper, and any kind of paper can be used. Single or multilayer cardboard is printed in sheetfed offset for folding boxes. Even plastic coated cardboard and thick plastic sheets can be printed, and tin plates are printed for metal boxes in special offset presses [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

A printing unit in a sheetfed offset press consists of the following five main parts:

- dampening unit
- inking unit
- plate unit
- blanket unit
- impression unit.

The most common system with sheetfed machines is the three-cylinder printing unit, as shown in Figure 2.3.

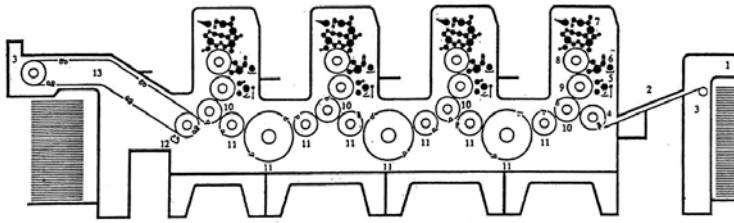


**Figure 2.3: Schematic of an A4 colour sheetfed offset press with four, three-cylinder printing units [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [4, Intergraf and EGF, 1999]**

The inks used for sheetfed work are invariably thick, oily pastes which dry by adsorption into the paper and sometimes by oxidation and therefore have no emissions. The basic constituents of offset inks are pigments, binders, solvents and additives. In addition, certain substances are added to the inks to adjust their properties [21, Nordic Council of Ministers, 1998]. The binder is the main constituent of the offset ink and has the function of transferring the ink pigment as a fine layer of particles over the roller system of the inking unit and onto the substrate [76, TWG, 2004].

The dampening solutions used in the sheetfed offset processes are similar to those in heatset offset.

Waterless sheetfed offset, operates exactly as the name implies – there is no dampening of the plate, and rejection of the ink in the non-image areas is achieved by a silicone coating which is removed in the image areas. In such cases, the dampening unit is not used, or is removed from the press. New presses are available without any dampening units fitted [76, TWG, 2004].

#### 2.2.3.5 Web presses (heatset and coldset offset)

The web presses, which print on a reel of paper, can be split into two groups – heatset and coldset, indicating the method of ink drying. Heatset prints on coated and uncoated, glossy and non-glossy papers to produce mass circulation magazines, holiday brochures and catalogues, and there are solvent emissions from the driers. Coldset is used mainly for newspapers and business forms, printed on absorbent uncoated papers, with no solvent emissions from the inks. Heatset offset is discussed in more detail in this document, but coldset is not [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

**Dampening unit**
As described above, in Section 2.2.3.3

**Inking and drying unit**
Inks used for heatset web work are dried, as their name implies, by using ovens to drive off the solvent from the ink, resulting in emissions to air. In these ovens, a hot air current of 180 – 300 ºC drives out 80 – 90 % of the solvents which have a boiling range from 240 – 310 ºC and fixes the film on printing ink. Water cooled chilling rollers are applied to cool the warm web after leaving the oven.

**Cleaning**
In heatset web offset machines, automatic blanket cleaning units are now almost standard equipment. Modern web presses are increasingly fitted with automatic ink cleaning units.

### 2.2.3.6 Gravure

[4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [11, IMPEL, 2000] [128, TWG, 2005]

In gravure printing, the image consists of small indentations in a smooth surface of a cylinder. This consists of a steel base which is plated with copper and covered with a thin layer of hard chromium. It tends to be a more specialised process than either relief or litho printing, being mainly used for long runs as the cylinder making costs are relatively high. In this process, the cylinder is flooded with ink, and the surface scraped clean to leave ink only in the recessed, image areas.

Gravure is used for printing two major graphic products: publications and flexible packaging (see Table 2.4). Minor graphic applications are labels, gift wrapping paper, cardboard packaging, banknotes and postage stamps. Outside the graphic industry, this method is used for the printing of wallpaper, imitation wood (laminates) and imitation tiles for floors and walls.

| | Publication gravure | Packaging gravure |
|---|---|---|
| **Web width** | 900 – 4320 mm | 800 – 1400 mm |
| **Printing units** | Mostly 8 units, sometimes 9 or 10 units | Generally between 6 and 10, often 8 colour units + one lacquering unit |
| **Production speed** | 15 m/sec = 900 m/min | Generally some 250 – 300 m/min; also dependent on diameter of cylinders in use |
| **Construction** | Mostly 4 units per side of paper | Units in line, each printing a separate colour on the same side of the substrate |
| **Colours** | Four inks in 8 units, five inks in the case of 9 or 10 units possible | All colours, often also white basis |
| **Substrates** | Paper | Paper, many different kinds of plastic films, metallised paper and plastic, aluminium foil; often multi-material, multilayer substrate |
| **Solvents in use** | Toluene >99.9 % pure | Ethyl acetate, ethanol, MEK and others. Mostly in mixtures in Northern Europe and pure in Italy |
| **Abatement techniques** | Solvent recovery plant | Incineration mostly, solvent recovery mainly in Italy and sporadically elsewhere |

**Table 2.4: Differences between publication gravure and packaging gravure presses**

Publication gravure is best known for being capable of producing very high quality colour printing on lower quality, cheaper grades of paper. The press web width can be anything between 900 up to 4320 mm usually with eight units printing four colours on each side [37, CITEPA, 2003]. The paper that runs through the press can reach a speed of up to 15 metres per second.

Most packaging gravure presses have a web width of about one metre, or sometimes a bit wider. They print eight or even ten colours on one side, with each press unit printing one colour [37, CITEPA, 2003].

Today, gravure is almost totally a webfed process, although sheetfed presses are available running at up to 10000 sheets per hour. These have hot air driers and are aimed at the specialised markets of high quality decorative effects using metallic inks on metallised papers and foils. They are, however, seldom used at present, presumably because of the high costs of cylinder making, which make high (web) run lengths more economic [4, Intergraf and EGF, 1999].

Other similar processes are copperplate printing and die-stamping. Both employ the filling of recessed image areas with ink, but in these cases, the ink is thick and dries by oxidation and adsorption rather than relying on solvent evaporation. Copperplate is used for the printing of banknotes and other security documents, while die-stamping is employed for letter headings.

**Inking unit**
[21, Nordic Council of Ministers, 1998] [37, CITEPA, 2003]

The high speed of gravure presses requires the use of fast drying inks, which are dried between colours in driers. Therefore, in gravure, inks are low in viscosity and nearly all of them are solvent-based. Publication printing inks contain 50 % toluene when leaving the ink factory. A dilution is made in the printing plant to obtain the proper toluene concentration: ink that is ready for use contains 70 – 80 % toluene. In packaging printing inks, ethanol and ethyl acetate are used almost exclusively. The solvents are evaporated by heat and air in drying sections, see Figure 2.4 which shows that each printing unit is equipped with a drier on top [76, TWG, 2004].

All installations in the publication gravure in Europe are equipped with activated carbon adsorbers to recover the toluene that is evaporated [37, CITEPA, 2003]. The presses are normally encapsulated. The recovered toluene is re-used either on site to dilute the ink, or sold to the ink supplier. Solvent vapours from the inks in the packaging gravure are normally incinerated, although in Italy they are often recovered.

Water-based gravure inks have not yet proved very successful and, until now, only used sporadically in packaging printing. The use of water-based gravure inks in the United States has now ceased [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004].

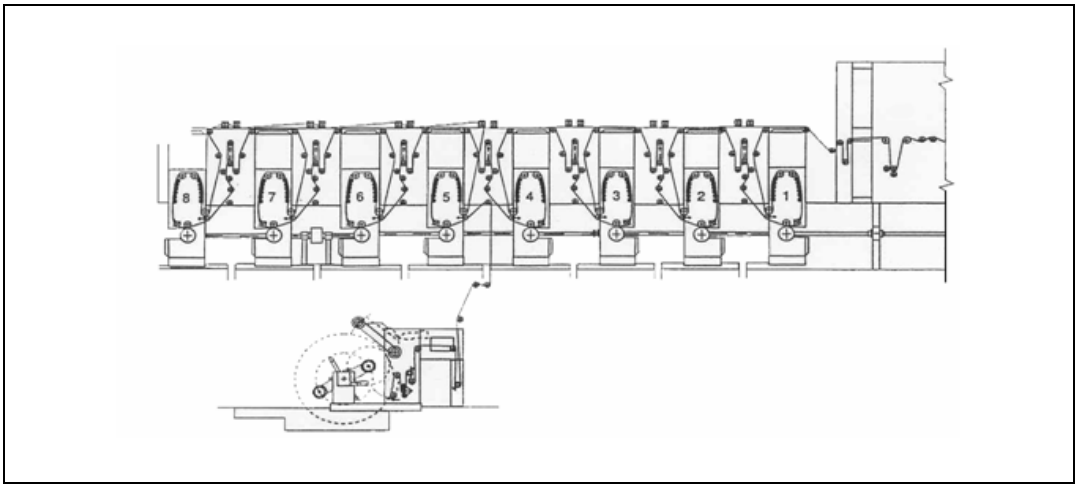


**Figure 2.4: 4 + 4 colour publication gravure press**

**Cleaning**
Cylinders are automatically or manually cleaned with the same solvent as the ink. If the job is expected to be repeated, the cylinders might be saved, or else they are made ready for the next printing job by replacing the engraved copper/chromium layer with a new one [76, TWG, 2004].

### 2.2.3.7 Screen printing
[4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [128, TWG, 2005]

Screen printing is a form of stencilling where the ink is forced through the clear elements of the stencil onto the substrate to be printed, see Figure 2.5

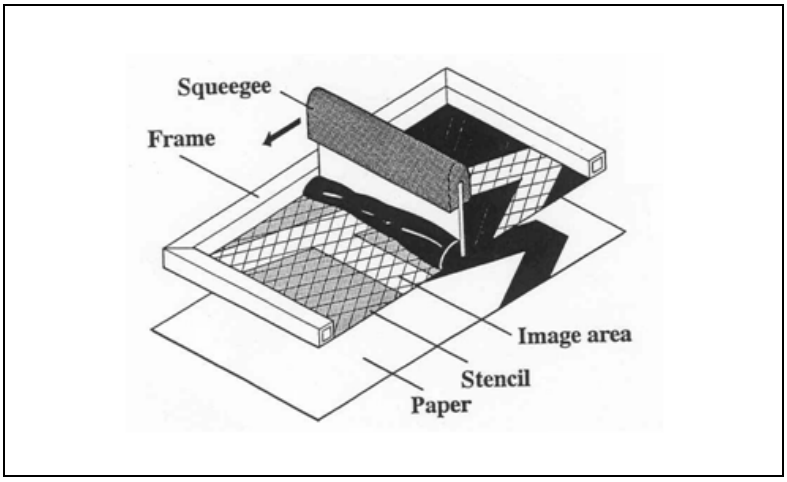


**Figure 2.5: The stencil printing principle**

The process is very versatile as it can be used to print on almost any surface or material of any size, shape or thickness, including not only all the usual printing materials, but others such as metal, wood, plastic, glass, cork and fabric.

The material to be printed on is positioned under the stencil screen in close contact, the frame is loaded with ink and the ink is forced through the clear parts of the stencil by a squeegee. The printed material is racked separately to aid air drying or passed through a hot air drier when higher productivity is required. Alternatively, the substrate is dried by exposure to ultraviolet light.

This process can produce brilliant solid colours, or lighter colours on a dark substrate. Inks can be formulated to be opaque and hide any matter underneath, or transparent to make use of the colour combinations available by halftone screen printing. Screen printing is capable of laying down a heavier ink film than any of the other printing processes.

Low set-up costs have always made the process attractive for short runs, but due to increased automation and process improvements, it is now a major printing process capable of very high quality printing across a wide range of products from one colour and multiple special colours through to four-colour processes.

Most screen printing is on sheetfed presses. Webfed screen printing is used for products such as wallpaper.

**Printing and inking unit**
A whole range of inks are used to match the great variety of end-products. Inks containing solvents dry by solvent evaporation. The selection of solvents is determined by the binder, substrate and method of drying. Typical solvents are aromatic and aliphatic hydrocarbons, glycol ethers and esters, alcohols and ketones. The typical organic solvent content is 50 % for line colours and 70 % for four colour process inks [76, TWG, 2004].

UV inks and water-based inks are also applied. Water-based inks contain organic solvents varying from 5 % when used on paper substrate to 20 % when used on plastic substrate.

Apart from normal organic pigments, some ‘heavy’ inorganic pigments are still used. Some yellow inks that are used, e.g. for printing on PVC, can contain up to 25 % lead chromate. Some red and green colours are based on lead. Directive 76/769/EEC bans the marketing and use of these and other pigments across the EU (see Section 1.2.3) except for limited specific applications, such as road signs.

**Cleaning**
Two distinct cleaning processes are used: de-inking for screen re-use with the same image, and cleaning the stencil (de-coating) for screen reclamation and re-use with a new image.

### 2.2.3.8 Digital printing

[4, Intergraf and EGF, 1999, 21, Nordic Council of Ministers, 1998] [128, TWG, 2005]

Digital printing is printing straight to the substrate from digital information without the use of film or the creation of a separate image carrier. A unique feature of this process is that it is possible and economic to change the image or part of the image on each copy, so personalising the message and the print. These characteristics allow considerable flexibility for short-runs (10 - 200 copies) and rapid changes, originally for black and white printing, and now for colour work. However, they are also used for the printing of very large circulation products such as spare part catalogues, where a very quick updating of data is needed [76, TWG, 2004].

The 'inks' used in these machines are either liquid or dry toners. Liquid toners are all two-part systems, including the toner itself as pigmented particles, and the carrier which is a volatile solvent such as ethyl acetate, methyl ethyl ketone or ethyl and butyl lactates, in which the particles are suspended for handling. The toner is applied to the plate and the carrier liquid remains in the system. Any carrier remaining with the toner is boiled off in the machine's fusing section. Most modern presses have a solvent recovery system, and the liquid is retained within the system for recycling.

All dry toners consist of a base resin, pigment, charge modifier, dye and other essentials. Popular resins are styrene-acrylates and polyesters, sometimes blended. The resin is the fusible part of the toner, and it is the binder which provides bulk to the particle. The pigment may be carbon black in black toners, but is often a dye in colour toners. Dry toner waste is basically plastic powder. Both liquid and dry toner waste can contain paper dust, clay fillers, or photoconductor dust and water.

Commercially, inkjet digital printing machines range from 1 to 10 metres wide. They provide four colour quality prints in runs from 1 - 300. The length of print can vary from 1 - 30 metres. Inkjet printers are also used to produce 'mock-ups' prior to long runs in other forms of printing. They are capable of printing onto paper, board, plastics, textiles and metal (including complete vehicles such as buses, for advertising). Normally the inks are solvent-based containing volatile solvents such as methyl ethyl ketone, ethyl and butyl lactate. More recently UV curing digital inks have become available [76, TWG, 2004].

An intermediate type of printing is in operation, in which the digital image is exposed onto a printing plate already positioned on the press (or, in the case of multicolour printing, several plates positioned in line). This process combines flexibility of image (ability to change the image at will) with the creation of a plate, making it attractive for medium length runs (above the true economic run length of a digital press but below that of the conventional press). These presses use the same conventional printing inks as in litho sheetfed presses.

### 2.2.3.9 Laminating and varnishing in flexible packaging

Flexible packing materials are often multilayer materials built up by lamination and with a protective coating called varnishing. The processes are technically similar to packaging gravure printing. While no image is printed, the substrate is totally covered (i.e. 100 % covered). Solvent-based, water-based and chemically-reactive (2-component) adhesives and resins are used.

### 2.2.4 Finishing

[4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998]

(For flexible packing, see Section 2.2.3.9, laminating and varnishing). Print finishing services are provided by printing companies themselves and also by a number of specialised, independent plants (purely print finishing plants).

The most important print finishing services include the processing of:

- books by folding, collecting, stitching, binding and trimming
- magazines, leaflets, catalogues and printed advertising products (e.g. brochures, sample cards, etc.) by folding, gathering, glueing and perfect binding
- other printed matter, printed papers or cardboard (e.g. forms, labels, packaging, calendars) by folding, punching, embossing, glueing and laminating.

Each of these steps will involve guillotining and collating. These mechanical processes, as well as folding, binding and punching, do not use solvents and, therefore, are not described any further in this document. In processes such as glueing and laminating, however, solvent-based products are sometimes used, and so these are further described.

**Laminating**

Traditionally, most laminating was done with solvent-based systems, where the adhesive-coated film was passed through an oven to drive off the solvent before being pressed onto the printed surface. Nowadays, 2-component adhesives are used, often of the epoxy type containing solvents such as ethanol and ethyl acetate, or of the urethane type. The emissions from this process are significant. In some places, the vapours are incinerated or recovered for re-use. Water-based and solvent-free adhesives or UV curing laminating adhesives are also applied [76, TWG, 2004].

**Binding by using adhesives (glueing)**

Glueing is part of many working processes in bookbinding and print finishing. For the processing of the book block and the production of, e.g. the case for hard case books, adhesive binding is the most frequently used binding technique, both for books and multiple page leaflets. Adhesive binding is often referred to as ‘perfect binding’.

The adhesive used can be based on natural products or can be synthetic. The latter one may be dispersion, hot-melt or polyurethane. Natural products mainly comprise starch adhesives, dextrines and animal glues.

Traditionally, most used glues are water-based or hot-melt and some are solvent-based.

**Varnishing**

‘Coating’, ‘varnishing’ and ‘overprinting’ are synonyms for the coating that is spread over the printed surface for protection or decoration. The overprint varnish is a colourless, transparent ink without pigments. Varnishes dry by evaporation, oxidation or by UV curing, and varnishes can be applied in line on the press or on a separate machine [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004].

### 2.2.5 Associated activities

Other activites can be found associated with these processes, but not all installations will carry out all of these activities. The following are key examples of associated activities, but the list is not comprehensive. Some of the activities are described elsewhere in this document, others are not.

**Photographic processes**
These are always black and white only. There are waste fixatives and developers, which may require storage and/or treatment prior to disposal to waste water or for disposal as waste. Silver is likely to be present in the discarded solutions, but may be recovered on-site, and/or sent off-site for reprocessing).

**Image carrier production**
The printing processes are defined in part by the way the image is carried to the substrate (see Section 2.1.1. The following types of image carriers are used:

- offset plates (in heatset web offset)
- flexographic plates (in flexography)
- gravure cylinders (in packing and publication gravure)
- screens (in screen printing).

The techniques for electroplating and associated activities used in the preparation of gravure cylinders are described in the STM BREF.

**Waste gas treatment**
Waste gases are contained, collected and frequently treated for occupational health and safety (to prevent fires and explosions), and environmental reasons (to reduce the emission of VOCs). The following different types of waste gas treatment systems are currently applied, and more details can be found in Section 20.11 and Annex 24.9:

- thermal incineration
- thermal recuperative incineration
- catalytic incineration
- regenerative incineration
- adsorption with recovery
- biological.

**Storage of hazardous materials and wastes**
These are materials that may cause harm to the environment and occupational health and safety problems if not stored and handled carefully:

- flammable raw materials such as liquid inks (as used in flexography, gravure and screen printing), developers, fixers (both before and after dilution) solvents for dampening solutions, extenders, process make up, cleaning, solvents for recovery, or surplus recovered solvent for sale, fuel oils, etc.
- hazardous wastes such as used wipes containing solvents and other cleaning agents, waste fixative and waste developer, waste cleaning solvents. In gravure, chemical waste from preparing gravure printing rollers.

In some plants, underground tanks are used to store fuel oil, and in some cases, other liquids such as waste fixative and developer. In large plants, underground tanks may be used to store ink (publication gravure) and solvents (publication gravure and flexible packaging printing). The tanks may have underground pipes to connect them to the building where the printing process takes place [4, Intergraf and EGF, 1999].

More information on storage types and techniques can be found in Section 20.2 and also in the ESB BREF.

**Waste water treatment**
The printing processes can generate waste water at the image creation stage (development/fixing) and cleaning particularly with water-based or water washable inks. The waste waters may be treated before discharge. Commonly applied techniques are flocculation, precipitation and ultrafiltration, see Section 20.12 [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003].

## 2.3 Current consumption and emission levels in printing

### 2.3.1 The printing industry as a whole

An overview of the printing industry is given in the preceding sections of Chapter 2. The consumptions and emissions given in this section are from the information exchange to the three largest processes most likely to exceed the thresholds in Annex 1 (6.7) to the IPPCD. Other printing processes may be found in the same installation as associated activities, or occasionally operating above the threshold.

### 2.3.2 Heatset web offset

#### 2.3.2.1 Mass balances – heatset

In 1999, the results of an inventory amongst heatset printing plants in Germany were reported. One of the results of this inventory was that the performance data from different units of different plants were compared and used to simulate a virtual plant that could meet the legal requirements, especially those of the Solvent Emissions Directive. This virtual plant is not an existing plant, but made up of information from well-performing units from different existing plants representing good practice and good environmental performance. This plant could feasibly exist.

In this section, the mass balances of the theoretical virtual plant from this inventory are reported. Actual plants can vary widely with production parameters, such as ink coverage, run length, type of paper, etc. [76, TWG, 2004]. However, it should be noted from Table 2.5 [76, TWG, 2004] that:

- waste gas treatment usually operates at 700 - 800 ºC, not 900 ºC
- the percentage of IPA is not defined: w/w or v/v.

The operational data and production conditions of the virtual plant are shown in Table 2.5 and Table 2.6. The mass balances of this virtual heatset offset plant are shown in Table 2.7 and Figure 2.6 shows the VOC balance.

| | |
|---|---|
| **Machines** | **2 x 32-pages heatset offset machine; 4 blanket-to-blanket units; web width: 1260 mm; cylinder circumference: 890 mm; max. press speed 17 m/s; average velocity approx. 13 m/s at production run.**<br><br>**Total power supply: 1134 kW for press speed up to 14.8 m/s;**<br>**Electricity consumption at an average press speed of 13 m/s: 996 kW**<br>**of which approx.:**<br>• **2 x 470 kW power supply printing press (2 x 295 kW motor power supply; 2 x 120 kW auxiliary drives (printing unit, auxiliary aggregates, control); 2 x 19 kW air blast; 2 x 30 kW roller bearing, 2 x 6 kW remoistening unit)**<br>• **2 x 6 kW power supply paper reel transport system**<br>• **2 x 91 kW power supply cooling centre** |
| **Products** | **Commercial printing, e.g. advertising supplements; weekly papers** |
| **Printing substrate** | **Web printing papers with an average weight of approx. 60 g/m$^2$** |
| **Printing ink** | **Heatset ink (vapour pressure <0.01 kPa at 20 °C; mineral oil content = 35 % of which about 90 % evaporates in the drier** |
| **Dampening solution** | **Water (max. 10 °dH), 8 % IPA, 3 % other dampening solution additives** |
| **Drier** | **2 x direct combustion (natural gas), temperature (paper web exit): 120 – 140 °C, waste gas volume flow approx. 7200 Nm$^3$/h (at 13 m/s production run), ventilator: 72 kW** |
| **Waste gas treatment** | **1 x regenerative thermal oxidation (thermoreactor), combustion chamber approx. 900 °C, VOC destruction efficiency: 99 %. Purified gas exit temperature at 140 °C; heat recovery: 93 % thermal efficiency.**<br><br>**Heating up with 2100 kW gas, normal operation 2 x 700 kW gas.**<br>**2 x 200 kW electricity demand (ventilators); electricity consumption 1900 kW/yr, auxiliary combustion approx. 15 kW gas (at 13 m/s; 1.2 g/m$^2$ ink per page)** |
| **Cleaning agents** | **20 % roller/blanket for cleaning by hand (100 %VOC; vapour pressure 0.05 kPa at 20 °C) and 80 % blanket for clean-up device (0 % VOC; vapour pressure <0.01 kPa at 20 °C), re-usable solvent wipes (40 gram dry weight/item)** |

**Table 2.5: Operational data of a virtual heatset offset plant**
**[18, UBA Germany, 2003]**

| | |
|---|---|
| **Production** | **3 shifts on 5.5 weekdays, 280 working days x 24h = 6700 yearly working hours; approx. 30 % preparation and servicing time, approx. 70 % production =>4700 production hours of the printing presses** |
| **Products** | **approx. 18000 t/yr commercial printings from approx. 20000 t/yr paper input and 500 t/yr ink input** |
| **Dampening solution** | **Approx. 1025 t/yr; consisting of 950 tonnes water, 50 tonnes IPA and 25 tonnes other additives** |
| **Cleaning** | **Approx. 15 t/yr (80 % for interim cleaning, 20 % for basic cleaning) and 100000 wipes.** |

**Table 2.6: Production conditions of the virtual heatset offset plant**
**[18, UBA Germany, 2003]**

The following mass balance in Table 2.7 is calculated for the virtual plant described in Table 2.5 and Table 2.6.

| INPUT | Amount | Unit | Notes | OUTPUT | Amount | Unit | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Products** | | | |
| | | | | **Commercial printings** | **18000** | **t/yr** | **Paper and ink** |
| **Material** | | | | **Waste** | | | |
| **Printing substrate** | **20000** | **t/yr** | | **Paper/misprints** | **2800** | **t/yr** | |
| **Printing inks** | **500** | **t/yr** | **Mineral oil concentration in ink 35 %, of which 85 – 90 % evaporates in the drier [76, TWG, 2004]** | **Ink residues** | **6** | **t/yr** | **Ink waste and in cleaning wipes, no VOCs** |
| **Dampening solution** | **950** | **t/yr** | **Without VOC** | | | | |
| **IPA** | **50** | **t/yr** | **100 % VOC** | **Dampening solution residues** | **2** | **t/yr** | **4 % VOC** |
| **Dampening solution additives** | **25** | **t/yr** | **5 % VOC** | | | | |
| **Cleaning agents** | **15** | **t/yr** | **80 % VOC-free for interim cleaning, 20 % for basic cleaning** | **Mixture of cleaning agents and water** | **23** | **t/yr** | **50 % high boiling solvents** |
| **Cleaning wipes** | **100000** | **Items/yr** | **Usually reusable wipes, weight approx. 40 g/item** | **Cleaning wipes** | **100000** | **Items /yr** | **Containing 1 t ink and 3 t cleaning agents with 100 % VOC, of which 50 % evaporates fugitively** |
| **VOC total** | **203** | **t/yr** | | **VOC in waste** | **2** | **t/yr** | **In wipes, cleaning agents and waste dampening solution** |
| **Energy** | | | | **Exhaust gas** | | | |
| **Energy in total** | **27100** | **MWh/yr** | | **Volume flow** | **67.7 x $10^6$** | **$m^3$/yr** | **19 mg VOC/$m^3$** |
| **Gas energy** | **13700** | **MWh/yr** | | **VOC in purified gas** | **1.3** | **t/yr** | |
| **Electric energy** | **13400** | **MWh/yr** | | **$NO_X$ in purified gas** | **2.7** | **t/yr** | **40 mg $NO_X$/$m^3$** |
| ***Of which: Printing press*** | **8900** | **MWh/yr** | | **CO in purified gas** | **3.4** | **t/yr** | **50 mg CO/$m^3$** |
| ***Cooling*** | **1700** | **MWh/yr** | | **Fugitive** | | | |
| ***Waste gas treatment*** | **700** | **MWh/yr** | | **VOC fugitive** | **47** | **t/yr** | **23 %** |

**Table 2.7: Input and output of the virtual heatset plant [18, UBA Germany, 2003]**

The VOC balance of the virtual plant is shown in Figure 2.6.

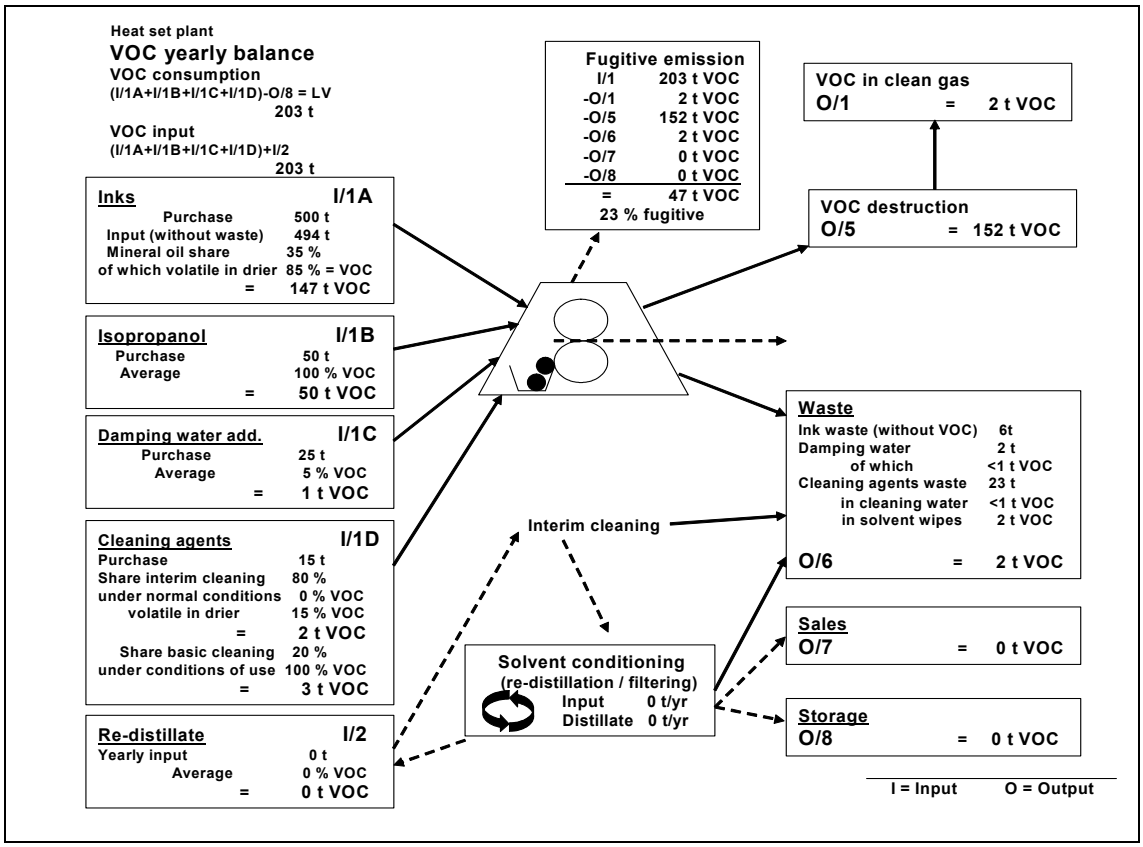


**Figure 2.6: VOC balance of the virtual plant**
**[18, UBA Germany, 2003]**

However, it should be noted that Figure 2.7 [76, TWG, 2004]:

- shows that IPA VOC content is assumed to be 100 %, although it may contain up to 15 % water
- shows that in heatset printing, two large (32-page) fast presses, working three shifts during 280 days per year are needed to exceed a consumption of 200 t/yr. Most heatset plants have either two 8-page presses or one 8-page and two 16-page presses. Two 32-page presses in one plant is rare.

Heatset plants bigger than this virtual plant can be composed of several printing units which are similar to the virtual plant, although more and more plants are equipped with presses of differing web widths. The specific consumption and emission data can then be taken from this virtual plant. However, the specific consumption and emission values are significantly dependent on the manufactured products and will increase with [76, TWG, 2004]:

- decreasing print volume
- rising employment of special colours or change of colour sequence
- extremely high demands on the printing quality, or difficult printing images
- decreasing paper quality.

Several theoretical mass balances have been calculated from the virtual plant. Average VOC consumptions and emissions in relation to one tonne of ink used are shown in Figure 2.7. Average input of material and output of waste of the virtual plant are shown in Figure 2.8. However, these values are average values, which can – dependent on the above-mentioned parameters – vary in practice by more than +/- 10 % [76, TWG, 2004].

Figure 2.7 shows that of 400 kg VOC input, 308 kg is captured and treated by thermal oxidation, so 92 kg are fugitive, which equals 23 % of the VOC input. After treatment, 3 kg of VOC are still in the waste gas and emitted and the efficiency of the waste gas treatment is 99 %.

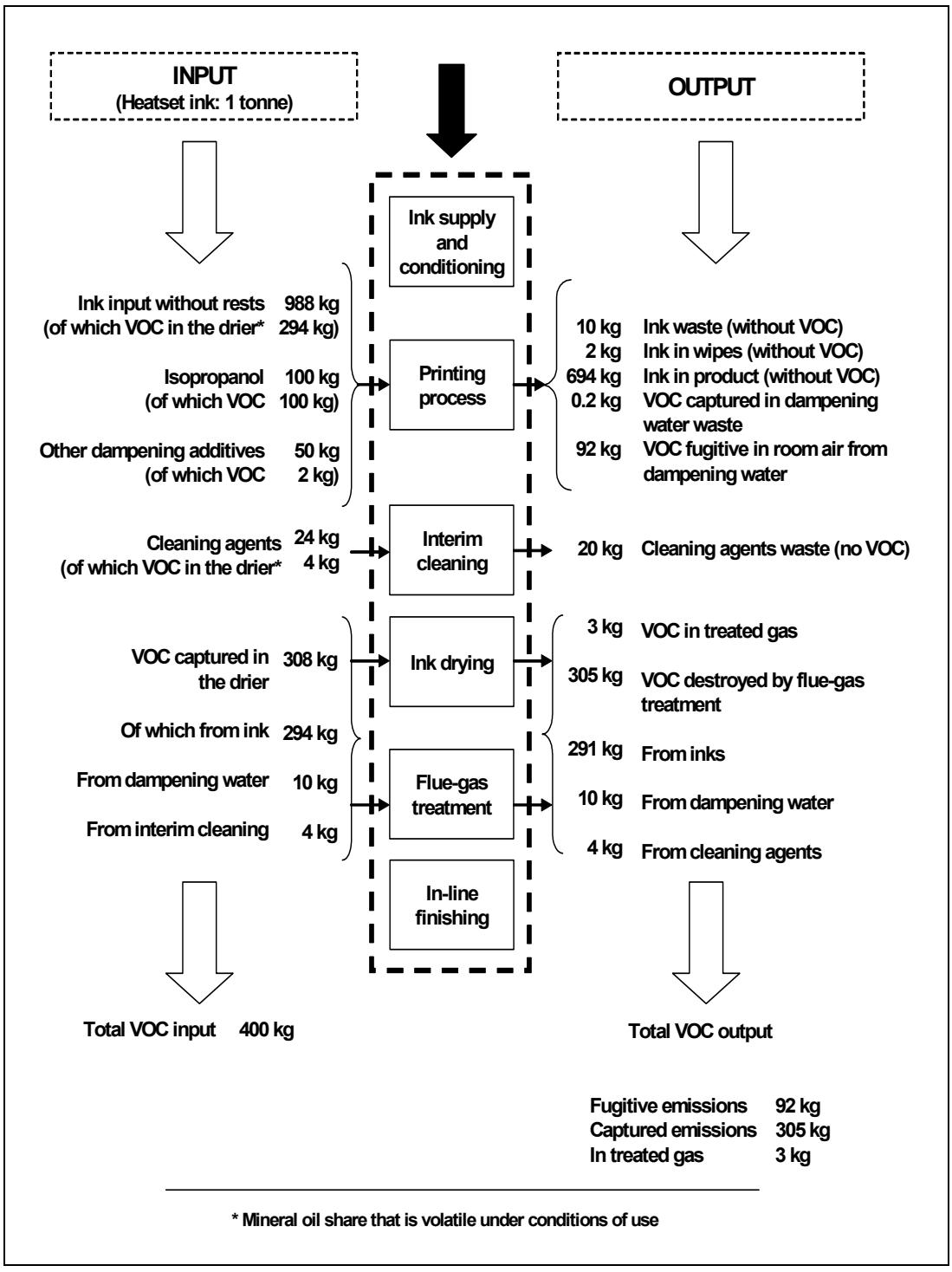


**Figure 2.7: Specific VOC consumption and emission levels in a virtual heatset process [18, UBA Germany, 2003]**

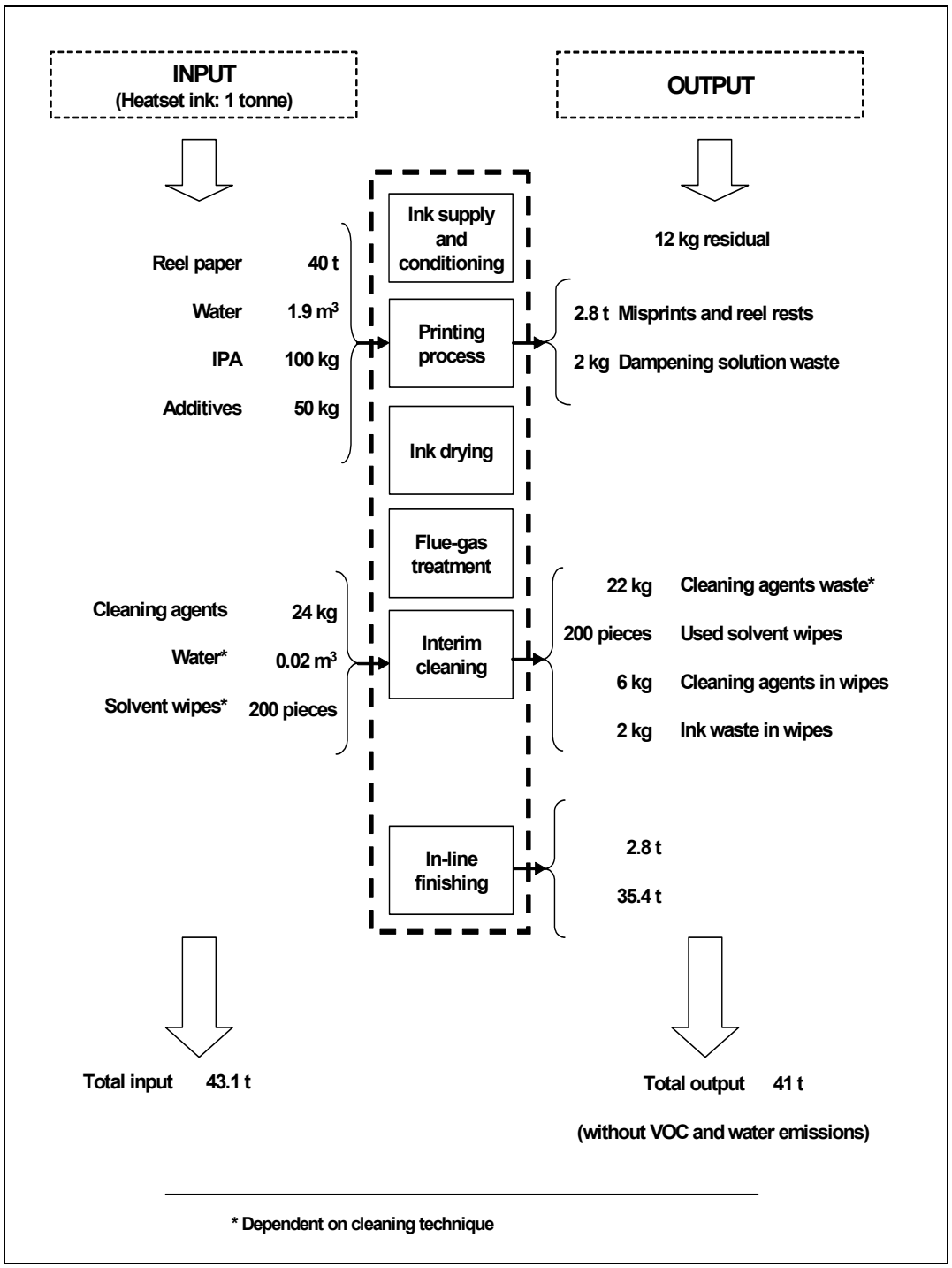


**Figure 2.8: Specific input of substances and output of waste in a virtual heatset process [18, UBA Germany, 2003]**

A study has been carried in Flanders (Belgium) and the Netherlands in 2003 on nine plants using over 200 t/yr VOCs [115, Intergraf, 2005]. From these, and further experiments, two types of press were identified, those capable of printing with low concentrations of IPA in the dampening solution (new or upgraded presses) and those not capable (existing plants). By trials to optimise the presses, two types of printing jobs were also identified: those that could readily run with low IPA concentrations (favourable), and 'difficult' ones that needed higher IPA concentrations, see Table 2.8. 'Difficult' jobs involve all or some of the following:

- changes in the surface of the paper requiring numerous fine changes to settings of the press

- situations of high ink coverage where IPA prevents the occurrence of white spots
- lower levels of skill, education and experience of operators
- new, wide fast presses were also reported to need higher IPA to meet the demands of running wide plates, wide rollers with small amounts of sag, etc. [178, Verspoor, 2006]

| Press type | Characteristics of the jobs to be printed | |
|---|---|---|
| **Type 1: capable of using low IPA concentration** | Favourable (A) | Difficult (B) |
| **Type 2: not capable of using low IPA concentration** | Favourable (A) | Difficult (B) |

**Table 2.8: Combinations of heatset press and job type analysed**
**[115, Intergraf, 2005]**

Consumption figures have been derived from the data collected by the Belgian study for dampening solution and cleaning agent consumptions, see Table 2.9.

| Situation | IPA or substitute | Cleaning agents | |
|---|---|---|---|
| **Press type 1, type A jobs** | 2 % of ink weight | Mainly K3 (55 - 100 °C) | 2 % of ink weight |
| **Press type 1, type B jobs** | 10 % of ink weight | Mainly K3 (55 - 100 °C) | 5 % of ink weight |
| **Press type 2, type A jobs** | 5 % of ink weight | Mainly K3 (55 - 100 °C) | 5 % of ink weight |
| **Press type 2, type B jobs** | 15 % of ink weight | Mainly K3 (55 - 100 °C) | 10 % of ink weight |

**Table 2.9: Solvent consumption data for heatset press and job type**
**[115, Intergraf, 2005]**

Virtual plant calculations have been made in Table 2.10, assuming the minimum possible consumptions of IPA, IPA substitutes and cleaning agents. For illustrative purposes, an ink consumption of 500 t/yr is assumed.

| Emission sources | Press 1 jobs A | Press 1 jobs B | Press 2 jobs A | Press 2 jobs B |
|---|---|---|---|---|
| **ink t/yr** | **500** | **500** | **500** | **500** |
| VOC evaporating from ink % | 35 % | 35 % | 35 % | 35 % |
| VOC evaporating from ink t/yr | 175 | 175 | 175 | 175 |
| Emission from ink % | 1.5 % | 1.5 % | 1.5 % | 1.5 % |
| **Emissions from ink t/yr** | **2.6** | **2.6** | **2.6** | **2.6** |
| IPA or VOC in substitute % of ink weight | 2 % | 10 % | 5 % | 15 % |
| IPA or VOC in substitute t/yr | 10.0 | 50.0 | 25.0 | 75.0 |
| Fugitive IPA or VOC in substitute % | 90 % | 90 % | 90 % | 90 % |
| **Fugitive IPA or VOC in substitute t/yr** | **9.0** | **45.0** | **22.5** | **67.5** |
| Cleaning agents (CA) % of ink weight | 2 % | 5 % | 5 % | 10 % |
| VOC in CA % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| VOC in CA t/yr | 10.0 | 25.0 | 25.0 | 50.0 |
| Emission factor CA | 23 % | 23 % | 23 % | 23 % |
| **Emissions from CA t/yr** | **2.3** | **5.8** | **5.8** | **11.5** |
| Total input t/yr | 195 | 250 | 225 | 300 |
| Total emissions t/yr | 13.9 | 53.4 | 30.9 | 81.6 |
| **% of ink weight** | **2.8 %** | **10.7 %** | **6.2 %** | **16.3 %** |
| *% of input (SED)* | *7.1 %* | *21.4 %* | *13.7 %* | *27.2 %* |

**Table 2.10: Heatset virtual plant VOC emissions**
**[115, Intergraf, 2005]**

### Consumptions – heatset
[128, TWG, 2005]

#### 2.3.2.1.1 Constituents and additives

#### 2.3.2.1.2 Printing inks

The basic constituents of offset inks are: pigments, binders (resins, varnish, mineral oil), and additives (drying substances). In addition, certain substances (printing oils/thinner, rub resistance pastes, gloss agents, drying retarders, etc.) are added to the inks to adjust their properties [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

In heatset, there are only four standard colours. The inks are mainly organic and only a few inorganic pigments are used. The most commonly used are:

- black: carbon black
- inorganic: titanium dioxide, aluminium hydroxide, iron blue
- organic: diarylide yellows, lithol rubine 4B, phthalocyanine blue.

Phthalocyanine blue contains a strongly complex-bound copper. Normal pigments can contain heavy metals in the form of small impurities in amounts counted in parts per million [21, Nordic Council of Ministers, 1998].

A typical formulation of heatset inks is shown in Table 2.11.

| Component | Contents | Concentration (wt-%) |
|---|---|---|
| **Binding agent** | **Resins, vegetable oils, mineral oils (b.p. 240 – 300 °C)** | **60 – 85** |
| **Colourants** | **Nearly exclusive organic pigments** | **10 – 25** |
| **Colour auxiliary agents** | **Siccatives (metal soaps), anti-oxidising agents (e.g. butyl hydroxyl toluene, hydroquinone), anti-skinning agents (e.g. cyclohexanone oxime), complex formers (e.g. EDTA, tartrates)** | **<10** |

**Table 2.11: Typical basic recipe for heatset web offset printing inks**
**[18, UBA Germany, 2003],[54, BMLFUW Austria, 2003]** **[128, TWG, 2005]**

The total consumption of heatset inks in the EU-15 is estimated at 125 to 140 kilotonnes per year [4, Intergraf and EGF, 1999]. Data from the virtual heatset offset plant show a consumption of ink of 27.8 kg per tonne of finished product, or 25 kg per tonne gross (including wastage) [18, UBA Germany, 2003]. Experience of three plants over five years showed a consumption of 19 kg per tonne gross [76, TWG, 2004]. For the whole Finnish printing industry, the average ink consumption was 20.6 kg per tonne product [21, Nordic Council of Ministers, 1998]. A typical ink consumption is about 19 to 25 kg per tonne of output.

#### 2.3.2.1.3 Dampening solutions
[128, TWG, 2005]

Undiluted IPA is added to the dampening solution, unless they are replaced by tensides. In heatset offset, the concentration of IPA varies between 5 - 15 % depending on print job [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Some older presses are designed to operate with concentrations of up to 30 % IPA or ethanol, and others with none. The concentration of IPA can be 30 - 50 % over the amount needed, without disturbing the printing process. On the other hand, having too little IPA immediately has a negative effect on the quality [4, Intergraf and EGF, 1999].

Sometimes concentrations of 2 – 8 % of IPA are used in combination with an additive, usually glycol ethers which are added to the dampening solution in concentrations of about 1 %. In some cases, working without IPA can be possible [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [4, Intergraf and EGF, 1999].

Table 2.10 shows the variation in IPA concentrations that are used, because of variations in presses and printing jobs.

In Germany, the implementation of the Solvent Emissions Directive has led to concentrations of IPA in heatset processes being limited to a maximum of 8 % [18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004].

Solvent consumption data for heatset press and job type data from 2003 are given inTable 2.9.

An inventory in the German heatset printing industry showing the amount of IPA used (before 1999) was in the range of 18 - 21 wt-% (in relationship to the total ink input being 100 %). However, more recent data show a ratio of 10 % in combination with 5 % of other additives from one virtual heatset offset plant. In 2002 in that virtual plant, (see Table 2.5 and Table 2.6) the IPA input is 50 tonnes for printing 20000 tonnes printing substrate. The IPA concentration in the dampening solution is approx. 5 %. 18000 tonnes commercial printing products are produced and the input of IPA is then 2.8 kg per tonne of product and 100 kg per tonne ink used (10 %) [18, UBA Germany, 2003].

Ranges in IPA concentrations of 5 - 20 % are also reported to be common practice in Austria. [54, BMLFUW Austria, 2003].

Of 16 heatset printing plants in Flanders, Belgium, the range of IPA in relation to the ink input by weight, is from 0 - 47 %. In the three plants where no IPA is used, alternatives are applied. Relative to the ink input, two plants each with over 500 employees show IPA consumptions of 56 % and 176 % respectively [32, Aminal, et al., 2002].

In waterless printing processes, no dampening solution is applied and rejection of the ink in the non-image areas is being achieved by a silicone coating [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

#### 2.3.2.1.4 Varnishes

No data submitted.

#### 2.3.2.1.5 Cleaning agents

[4, Intergraf and EGF, 1999] [128, TWG, 2005]

Typical cleaning agents used for offset blankets and ink rollers are shown in Table 2.12

The solvent mixtures generally contain aliphatic, cyclical and/or naphthenic hydrocarbons. These are usually free of aromatic compounds for health and safety reasons. However, aromatic hydrocarbons, such as toluene, xylene, and halogenated solvents have been used [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [4, Intergraf and EGF, 1999].

For the heatset processes in the EU-15, this is estimated at 13 kilotonnes per year, which is about 10 % of the ink input by weight. [4, Intergraf and EGF, 1999]. However, a range of 4.5 - 6.5 wt-% has also been reported [18, UBA Germany, 2003]. Data from 16 heatset printing plants in Flanders, Belgium, report a range from 0.5 – 11.2 % based on the ink consumption, and one plant even reports a specific use of 110 wt-% [32, Aminal, et al., 2002].

Where in the past very volatile and, in some cases, halogenated solvents were used for cleaning offset presses, there is a definite trend towards using less volatile solvents. This trend results in a substantial decrease of the VOC emissions from cleaning agents, but, on the other hand, increases the amount of hazardous waste. The increase in waste is, however, smaller than the decrease in VOC emissions. Experience shows that, once low volatility cleaning agents have been used for some time, the amount used can be decreased [4, Intergraf and EGF, 1999].

Nowadays, the proportion of cleaning agents used in heatset, sheetfed and generally in offset processes, is shown in Table 2.12.

| Cleaning agent | Heatset (1999) | Heatset (2000) | Sheetfed (2000) | Offset (2000) |
|---|---|---|---|---|
| | Proportion (%) | | | |
| Solvent mixtures with a flashpoint <21 ºC | 12.9 | 9 | 21 | 12 – 33 |
| Solvent mixtures with a flashpoint of 21 – 55 ºC | 36.3 | 3 | 8.5 | |
| Solvent mixtures with a flashpoint of 56 – 100 ºC | 39.2 | 76 | 68.5 | 61 – 79 |
| High boilers with a flashpoint >100 ºC | 9.7 | 12 | 2 | 6 – 8.6 |
| Vegetable oil esters with a flashpoint >150 ºC | 1.9 | | | |
| Note<br>Column 2 are data from German industry<br>Columns 3 and 4 are data from Flemish industry<br>Column 5 are data from Dutch industry and [76, TWG, 2004] | | | | |

**Table 2.12: Cleaning agents in heatset and offset processes in general [18, UBA Germany, 2003] [32, Aminal, et al., 2002]**

In heatset processes in Austria, 90 % of the cleaning agents used are organic solvents with a vapour pressure >0.01 kPa. Of this amount, 70 % is used for intermediate cleaning which takes about 20 – 80 seconds and (for a 4 blanket-to-blanket units press, 96.5 cm wide) less than 1 litre cleaning solvent. Automatic cleaning of the press between two printing jobs takes about 0.5 l/hr (for a 4-colour double-print press, 96.5 cm wide) [54, BMLFUW Austria, 2003] [76, TWG, 2004].

Solvent consumption data for heatset press and job type data from 2003 are given in Table 2.9.

Automatic cleaning systems use some 10 % less cleaning agent than the amount needed when cleaning is manually carried out [4, Intergraf and EGF, 1999].

Some vegetable cleaning agents contain up to 15 % solvents. However, they are also available without [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Some old presses may have molleton covered dampening rollers, although these are obsolete in the EU-15. These need to be removed from the press for cleaning. Solvents are not needed to clean these rollers, because they can be adequately cleaned using high pressure water sprays, occasionally helped with a small amount of detergent [4, Intergraf and EGF, 1999].

#### 2.3.2.1.6 Energy and resources

[128, TWG, 2005]

Energy consumption of the virtual heatset plant described in Table 2.5and Table 2.6 are shown in Table 2.13 and Figure 2.9. Energy consumption per tonne of ink is very variable on type of press, job and ink, etc. and not a realistic indicator [76, TWG, 2004].

| Energy consumption heatset offset process | Consumption | Consumption |
|---|---|---|
| Total | 1.355 MWh/t | 54.2 MWh/t ink input |
| Gas | 0.685 MWh/t | |
| Electricity | 0.67 MWh/t | |
| Gas in waste gas treatment | 4.60/t VOC in waste gas | |
| | 15.56 GJ gas/t VOC | |
| | 0.3 t LNG/t VOC | |

**Table 2.13: Energy consumption in virtual heatset plant (from Table 2.7) [18, UBA Germany, 2003]**

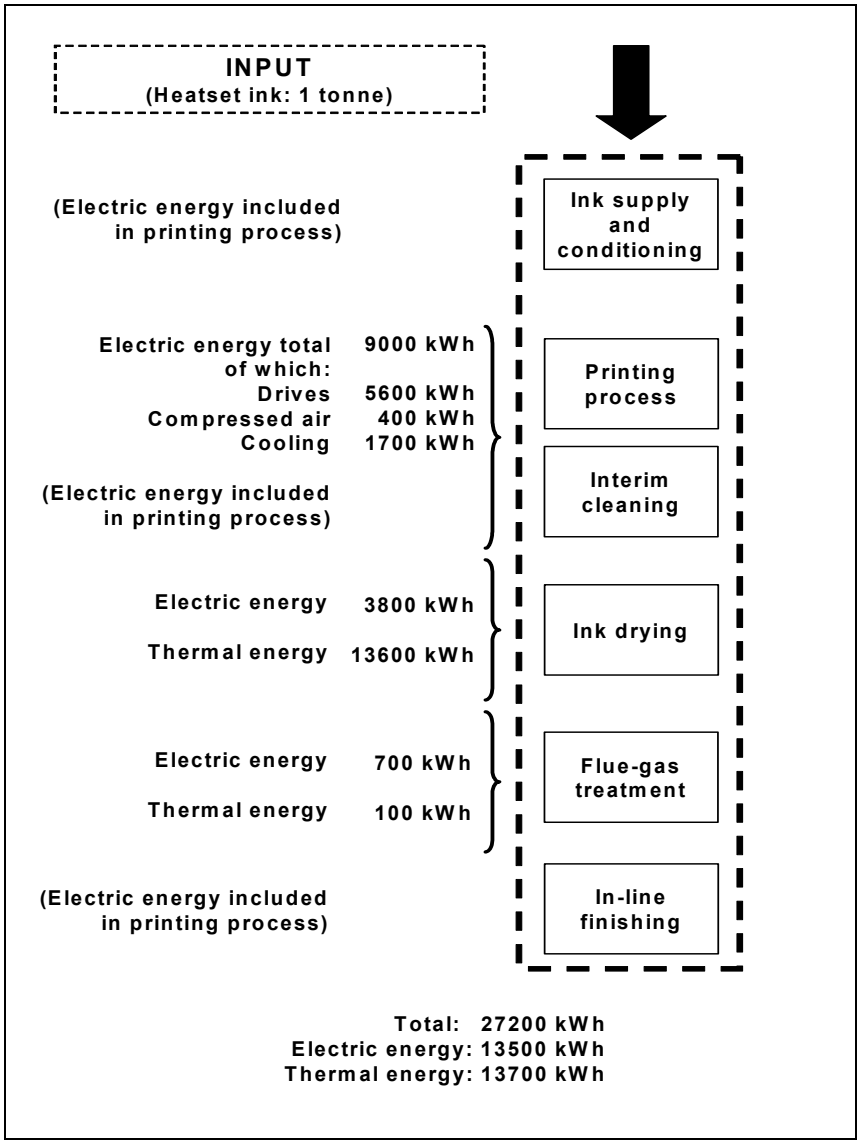


**Figure 2.9: Specific energy consumption in a virtual heatset process [18, UBA Germany, 2003]**

#### 2.3.2.1.7 Printing substrates and other consumptions

[128, TWG, 2005]

**Printing substrates**

The substrate used in heatset is typically paper with a specific weight of the paper between 40 - 60 g/m$^2$. Often coated LWC grades and uncoated paper are used with a specific weight normally of between 45 – 70 g/m$^2$.

**Other consumptions**

Other inputs are materials such as wipes for cleaning, containers and other packaging materials.

In heatset, four standard colours are used and these are supplied in re-usable containers, which are either intermediate bulk containers (IBC) with a content of approximately 1 tonne, or common 200 litre metal drums [4, Intergraf and EGF, 1999].

Wipes are usually re-usable and weigh about 40 grams. A heatset printing plant reported using about six wipes per tonne printed product, which equals 200 wipes per tonne ink used [4, Intergraf and EGF, 1999, 18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004].

### 2.3.2.2 Emissions – heatset

#### 2.3.2.2.1 Emissions to air – sources and fugitive emissions

[128, TWG, 2005]

The total European unabated VOC emissions from heatset plants are estimated to be in the order of magnitude of 100 kilotonnes per year. Over half of these emissions stem from the IPA in the dampening solution and the rest from the cleaning agents. The emissions from the ink created in the drier are of high boiling oils and are abated, together with an estimated 10 % of both IPA and cleaning agents that are also extracted via the drier where the driers extract air from the press room.

According to the RAINS model, at EU-25 level for 2000, NMVOC emissions from heatset were 40 kt representing 0.38 % of the total NMVOC emissions. The total activity was 123.59 kt with an average emission factor of 3239 g NMVOC/kg which shows this industry already reduces some emissions [130, EGTEI, 2005].

Some data show 50 % of the original VOC emissions will remain unabated [4, Intergraf and EGF, 1999]. Other data show that much lower levels of fugitive VOC emissions in the range of 25 – 30 % are achievable [54, BMLFUW Austria, 2003], with low IPA consumption and the use of low volatility cleaning agents. Even levels of around 23 % are reported to be achieved; see Table 2.7 [76, TWG, 2004].

Fugitive emissions are described as a percentage of the input in the SED. In heatset printing, key techniques for reducing fugitive VOC emissions are the reduction of VOC solvent inputs. Expressing the emission as a percentage of the input therefore does not reflect the changes made. Reduction scheme calculations that overcome this problem are used in Germany and Austria, but not in the SED. A study has been carried out showing that for heatset it is more useful to express emissions as a percentage of the ink consumption [115, Intergraf, 2005]. See Annex 24.2.

The waste gases of heatset presses tend to smell offensively. In many cases, this was the original driving force for installing incinerators in this part of the printing industry [4, Intergraf and EGF, 1999].

In the following paragraphs details about the different emission sources are discussed.

**Inks**
The total emission of solvents from heatset inks, that normally contain 30 - 35 % solvents in the EU-15, is approximately 45 kilotonnes. Of these solvents, 80 – 90 % evaporate in the drier and are usually treated [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004].

The ink is supplied in bulk and is transported directly to the presses by pumping it through a piping system. This is common practice in very large plants [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

**Dampening solution**
The IPA, or sometimes ethanol, added to the dampening solutions, will evaporate during the printing process; approximately 85 - 90 % is fugitive and approximately 10 % (in heatset) will be extracted through the driers and treated [4, Intergraf and EGF, 1999]. However, other sources report that 50 % of the dampening solution applied in heatset processes are captured and treated [54, BMLFUW Austria, 2003]. The amounts of IPA consumed are also partly emitted, and these are reported in Section 2.3.2.2.3.

IPA can be partially substituted by glycol ethers which also evaporate although to a lesser extent than the amount of IPA substituted. However, the ozone forming potential of some glycol ethers may be 10 times greater than that of IPA; the advantages need to be assessed on a weight for weight basis.

Waterless offset printing has no emissions to air from the dampening process [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004].

**Cleaning agents**
Emissions of the estimated 100 kilotonnes of cleaning agents used in European offset plants are dependent on the sort of cleaning equipment, print job, solvent applied, etc. High or low boiling solvents show very different emission levels. The mass balance of the virtual heatset plant that is shown in Figure 2.6, shows an example of the percentage of solvents that can be emitted to air, partly via an incinerator and partly fugitively.

The percentage of solvent emissions that stem from automatic interim cleaning in heatset processes and that is captured and routed to the waste gas treatment are in the range of ≤ 15 - 50 % [18, UBA Germany, 2003, 54, BMLFUW Austria, 2003].

Solvent emissions in heatset processes from cleaning by hand and basic cleaning, that are captured and routed to the waste gas treatment, are in the range of 0 - 5 %.

**Capture**
The average VOC concentration in the waste gases from heatset processes is in the range of 1 - 3 g/Nm$^3$ due to the absence of any recirculation of drier air. The waste gases smell so offensively that recirculation would give the printed product an unacceptable smell. The absence of recirculation encourages a proportionately large airflow and incinerator capacity. The low concentration causes a relatively high energy demand [4, Intergraf and EGF, 1999, 18, UBA Germany, 2003]. However, data from a good practice press in Austria (a 4-colour double-sided press which is 96.5 cm wide), extracting between 1000 – 4000 Nm$^3$ air, show a maximum VOC concentration of 8 g/Nm$^3$. For comparison, this is nearly 50 % more than the two very large presses in the virtual plant in Table 2.7.

There are various waste gas treatment options, which are discussed in Section 20.12.

**Incineration**
Incinerators can be integrated in the driers or can be a central system to which all driers are connected, see Section 20.11. In Austria (where VOC abatement was implemented early), 80 % of the central systems use regenerative incinerators [76, TWG, 2004].

The incineration temperature needs to be 750 - 800 °C. The calorific value of the waste gases may not be enough to attain this temperature unaided [4, Intergraf and EGF, 1999]. However, under the best conditions it can be an autothermic process where regenerative incineration is used [18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004].

The three incineration techniques applied in heatset plants show the characteristics as shown in Table 2.14.

| Emissions | Unit | Thermal | Catalytic | Regenerative |
|---|---|---|---|---|
| Total carbon of which methane | mg C/Nm³ | <20 | <50 some 25 | <30 |
| $NO_X$ | mg/Nm³ | 100 | 20 | 100 |
| Energy | | Thermal | Catalytic | Regenerative |
| Temperature | °C | 750 | 400 | 800 |
| Natural gas | m³/h | 105 | 20 | 20 |
| Exhaust temperature | °C | 350 | 200 | 200 |
| Electricity | kW | 100 | 100 | 75 |
| Heat loss | kW | 2640 | 1400 | 1400 |

**Table 2.14: Achievements of applied incineration techniques in heatset plants [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004]**

Thermal oxidation can achieve slightly lower VOC emissions; the efficiency is better by some 0.1 %. This is, however, paid for by substantially higher energy consumption. The consumption in natural gas is five times that of the two other systems.

The thermal oxidation applied in the theoretical virtual plant described in Table 2.7 has a VOC reduction efficiency of 99 % and shows the following emission levels. However, this is associated with a very high combustion temperature of 900 °C compared to a more usual 750 - 800 °C [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004]:

- 19 mg VOC/$m^3$
- 40 mg $NO_X$/$m^3$
- 50 mg CO/$m^3$.

**Condensation**
Condensation normally has an efficiency level of around 90 % [52, SPIN Netherlands, 1994]. However, it will not meet emission values required by the SED and is not often used [76, TWG, 2004].

**Biological treatment**
Reported as not being successfully used in this industry. See Section 20.11.8.

#### 2.3.2.2.2 Waste

[128, TWG, 2005]

**Papers**
The amount of waste paper produced in heatset offset is usually higher than in other printing methods, as a significant amount of paper is used before a proper balance between ink and dampening water is achieved and a good print quality is produced.

The virtual heatset plant described in Section 2.3.2.1 produced 2800 tonnes of waste for 20000 tonnes of substrate, which is equal to a waste of 14 % of the input paper substrate [18, UBA Germany, 2003].

Waterless offset is claimed to produce less waste, as there is no balance between ink and dampening to be achieved.

**Inks**
The virtual heatset plant described in Section 2.3.2.1 produced 12 kg ink waste per tonne ink used, of which 10 kg are left over inks and 2 kg are inks absorbed into cleaning wipes [18, UBA Germany, 2003].

**Dampening solution**
During printing, the dampening solution can become contaminated with paper dust and small amounts of ink. These solutions contain AOX and small amounts of metals. Normally, these waste dampening solutions are discharged, and may require pretreatment described in detail in Section 2.3.2.3.3 [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004].

**Cleaning agent**
Large amounts of used cleaning agents may arise, especially in large printing plants where most of the cleaning is done automatically. The estimated amount is some 100 kilotonnes cleaning agents per year in the EU-wide offset printing industry, which is disposed of [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

The virtual heatset plant described in Section 2.3.2.1 generated 46 litres waste water with 50 % high boiling solvents for each tonne of ink used [18, UBA Germany, 2003].

Cleaning agents are re-used to a great extent and the disposal of these solvents as hazardous waste may be reduced by some 50 % [4, Intergraf and EGF, 1999].

**Wipes**
Wipes from cleaning the press contain organic solvents, ink and sometimes varnish. The amount usually varies with run length, and therefore number of changeovers per year. The virtual heatset plant described in Table 2.5 and Table 2.6 used approximately 200 pieces solvent wipes per tonne ink used, contaminated with an average of 10 g ink and 30 g cleaning agent each [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004].

**Other wastes**
Old printing plates contain metals, primarily aluminium, with traces of other metals, depending on the age of the equipment. Blankets are also discarded. Waste can also contain filters from filtering the dampening solution and discarded UV lamps from the platemaking process. [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004].

Standard colours of offset inks can be supplied in re-usable IBC containers or in the common 200 litre metal drums.

#### 2.3.2.2.3 Waste water

**Dampening solutions**
During printing, the dampening solution gets contaminated with paper dust and small amounts of ink. These solutions then contain AOX in concentrations of >1 mg AOX/l and small amounts of metals such as aluminium, copper, zinc, cobalt and manganese (these last two from drying agents), all together in concentrations of around 0.1 g/l. Normally these waste dampening solutions are discharged, often after treatment [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003].

The additives used in dampening solutions in concentrations of around 3 % may contain small amounts of biocides against algae. Common concentrations of biocides are in the range of 0.1 – 0.2 %, which means that the ultimate concentrations in the dampening solution are negligible [4, Intergraf and EGF, 1999].

Normally, printing plants are not equipped with a waste water treatment plant and discharge directly to the municipal sewerage system. Where discharges cannot be allowed because of excessive levels of contaminations, disposal as hazardous waste is an alternative [4, Intergraf and EGF, 1999].

**Cleaning agents**
The effluent from cleaning dampening rollers used in water-based printing processes contains hardly any contamination. It may contain some detergents, some substances that can be found in the dampening solution and small amounts of ink. This effluent is normally not treated but discharged directly to the sewerage system [4, Intergraf and EGF, 1999].

### 2.3.3 Flexible package printing – flexography and gravure

In flexible packaging plants, a combination of two or more of the following processes are used:

- packaging gravure
- flexography
- lamination
- varnishing.

Solvents may be used in all of these processes.

#### 2.3.3.1 Mass balances – flexible packaging
[18, UBA Germany, 2003]

In 1999, the results of an inventory amongst packaging printing plants in Germany were reported. One of the results of this inventory was that the performance data from different units of different plants were compared and used to simulate a virtual plant that could meet the legal requirements, especially those of the Solvent Emissions Directive. In the following section, a mass balance for a good practice plant selected from the inventory is reported, followed by data for the virtual plant.

**A good practice plant**
In this section, data of a good practice plant from this inventory are reported along with the mass balances of the virtual plant. This virtual plant as explained above is not an existing plant, but made up of well-performing units from different existing plants. Notice that the data from the existing good practice plant do not differ that much from the virtual plant. The operational data of the good practice plant are as follows:

- the plant is operational for six days a week in three shifts. It has three units each with three flexography central impression cylinder presses with a web width of 1.30 metres
- the end-product is printed forms that are wound up after printing and delivered as an intermediate product to brand-name article manufacturers; finishing operations are not done at this plant
- in two units, mainly solvent-based products are applied (i.e. inks and cleaning agents) and in one unit, 85 % of the products used are water-based
- solvents for viscosity control of the inks are piped directly to the inking unit
- for air emissions control, a catalytic waste gas treatment system with heat recovery is installed. The extraction systems of the printing presses are equipped with circulating air techniques which are controlled by measuring the solvent concentration
- the cleaning of the inking unit is done in an enclosed cleaning machine equipped with an integrated solvent recovery
- effluent from cleaning activities is treated by applying ultrafiltration (for water-based inks).

The mass balance of the good practice plant is shown in Table 2.15.

| INPUT | Amount | Unit | Notes | OUTPUT | Amount | Unit | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Products** | | | |
| | | | | **Intermediate printed products** | **9700** | **t/yr** | **Paper and ink** |
| **Material** | | | | **Waste** | | | |
| **Printing substrate** | **10433** | **t/yr** | | **Paper/misprints** | **740** | **t/yr** | |
| **Printing inks;<br>VOC content** | **576<br>189** | **t/yr<br>t/yr** | **Of which approx. ¼ water-based** | **Ink residues** | **41** | **t/yr** | **With approx. 10.8 t VOC** |
| **Thinners (solvents for viscosity adjustment)** | **316** | **t/yr** | | | | | |
| **Water for cleaning and thinning** | **666** | **$m^3$/yr** | | **Mixture of cleaning agents and water<br><br>Process effluent** | **15<br><br>545** | **t/yr<br><br>$m^3$/yr** | **With approx. 9.8 t VOC** |
| **Water for cooling and air conditioning** | **51866** | **$m^3$/yr** | | | | | |
| **Wipes** | **144100** | **items /yr** | | **Wipes** | **144100** | **items/ yr** | **With approx. 2.5 t VOC** |
| **VOC total** | **505** | **t/yr r** | | **VOC in waste** | **23** | **t/yr** | |
| **Energy** | | | | **Exhaust gas** | | | |
| **Energy in total** | **3670** | **MW h/yr** | | **Volume flow** | **72.45 x $10^6$** | **$m^3$/yr** | |
| **Gas energy** | **350** | **MW h/yr** | | **VOC in purified gas** | **1.38** | **t/yr** | **384 t/yr VOC destroyed** |
| **Electric energy** | **3320** | **MW h/yr** | | **$NO_X$ in purified gas** | **4.70** | **t/yr** | |
| | | | | **CO in purified gas** | **2.72** | **t/yr** | |
| | | | | **Fugitive** | | | |
| | | | | **VOC fugitive** | **96** | **t/yr** | **approx. 19 % of the input** |

**Note: [76, TWG, 2004]:**

- **three shifts and six day working are unusual in flexographic printing: the presses are not expensive enough. This is usually associated with a packaging gravure plant**
- **web width 130 cm is rather wider than normal**
- **catalytic incineration: nowadays always regenerative**
- **effluent treated by ultrafiltration is unusual: normally effluent is insignificant.**

**Table 2.15: Mass balance of a good practice flexo printing plant**
**[18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004]**

The following points should be noted from the information exchange [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

- these data may indicate good practice for one plant for certain jobs and conditions but may not be typical of the industry
- ink residues = 41 t/yr with 10.8 t solvent = 26 %: this is not ink (press-ready ink has 80 % solvent) but sludge from the distillation of cleaning agents
- 385.38 t/yr in the untreated waste gas is an average of 5.3 g/Nm³. This is too high for usual flexo work and is only reached if a high level of varnishing and lamination (which is not shown in Table 2.15) is done with a high air recirculation rate. This also implies that a significant amount of printing is using white ink and therefore not printing on paper
- VOC in purified air is an average of 19 mg/Nm³, which expressed in mg C is some 50 % lower (about 10 mg/Nm³) with an incinerator efficiency of >99.5 %. Industry believe this efficiency is too low to be realistic. However, it is reported as normal good practice in Germany, with raw gas concentrations in the range 1 – 8 g/Nm$^3$ and an outlet concentration below 20 g/Nm$^3$.

It should be noted that when comparing the consumption and emission data of this good practice plant with those from the virtual plant, all auxiliary processes with their additional consumptions and emissions are also recorded. The estimated data of the virtual plant are estimations of the consumption and emissions of each specific unit on its own.

**A virtual plant**

In order to draw an objective picture of the range of consumption and emission values that are achieved in practice, two different driving styles of the virtual plants are described. On one hand, production with solvent-based inks, and on the other hand mixed production with water-based inks and a solvent-based cover varnish. The virtual plants have the following characteristics as shown in Table 2.16:

| | |
|---|---|
| **Printing machines** | **Flexography central impression cylinder plant; eight inking units, size 127 x 100 cm, web velocity up to approx. 250 m/min** |
| **Driers** | **Indirect heating of interim drier and bridge drier by heat transfer oil, circulating air technique controlled by monitoring the solvent concentration** |
| **Finishing processes** | **Reel slitter, cross cutter, rewinder** |
| **Conditions of production** | **280 production days/yr, in three shifts; 6525 operating hours/yr with 70 %* production printing time; in total 4560 printing production hours/yr** |
| **Products** | **Paper wrappers 70 g/m$^2$**<br>**Solvent-based:**<br>**six colours, surface coverage 155 %, in application 4.98 g/m, web velocity 150 m/min**<br>**Mixed process:**<br>**six colours + cover varnish, surface coverage 255 %, ink application 4.9 g/m$^2$ + cover varnish 2.5 g/m$^2$, web velocity 150 m/min** |
| *** Note: 70 % printing production time is higher than can be achieved in practice [76, TWG, 2004]** | |

**Table 2.16: Machinery and conditions of production of the virtual flexo printing plants [18, UBA Germany, 2003]**

The specific consumption and emission values are significantly dependent upon the manufactured products and will increase with:

- decreasing print volume
- increasing number of colour change sequences
- extremely high demands on the printing quality, or difficult printing images
- decreasing paper quality
- increase of surface to cover.

From the virtual plants, mass balances are calculated. Average VOC consumptions and emissions in relation to one tonne ink that is used are shown in Table 2.17 and Table 2.18 as are the average input of material and output of waste of the virtual plants. For a production by gravure, the admixture of thinners (VOC input) and the corresponding VOC emissions stemming from the ink would be 10 – 20 % higher. These values are average values, which can, depending on the above-mentioned parameters, vary in practice by +/- 20 %.

| 1000 kg printing ink containing 500 kg VOC | Process step | Output |
|---|---|---|
| [1] 731 kg thinner (100 % VOC) | Solvent for viscosity adjustment [76, TWG, 2004] | |
| 21875 kg paper | Printing process | 160 kg fugitive VOC losses<br>1900 kg misprints/paper waste<br>90 kg ink residues |
| 70 kg cleaning agent (100 % VOC)<br>120 wipes | Interim cleaning | 45 kg fugitive VOC losses<br>120 wipes with approx. 1.4 kg ink residues + 3 kg solvents |
| | Ink drying | 1063 kg VOC in the extracted untreated air<br>[2] 6.80 g/m$^3$ VOC in 133100 Nm$^3$ after treatment |
| | Finishing | Waste paper |
| Total VOC input:<br><br>1301 kg | | Total VOC output:<br>205 kg fugitive (16 % of input)<br>1060 kg treated<br>approx. 2 – 3 kg in treated gas<br>approx. 33 kg in waste |
| Note:<br>[1] The figure for thinner is too low: press-ready ink is 72 % solvent [76, TWG, 2004]<br>[2] 6.80 g/m$^3$ VOC is too high for flexo printing, and probably includes laminating and/or varnishing | | |

**Table 2.17: VOC and waste balance of solvent-based virtual flexo printing plant [18, UBA Germany, 2003]**

| 1000 kg printing ink * containing 31 kg VOC | Process step | Output |
|---|---|---|
| 516 litres water<br>625 kg print varnish (containing 156 kg VOC)<br>198 kg thinner (100 % VOC) | Ink conditioning | |
| 21875 kg paper | Printing process | 58 kg fugitive VOC losses<br>1900 kg misprints/paper waste<br>140 kg ink residues |
| 1200 l water<br>120 wipes | Interim cleaning | 1200 l effluent containing approx. 18 kg COD<br>120 wipes with approx. 1.4 kg ink residues |
| | Ink drying | 323 kg VOC in the extracted untreated air<br>1.38 g/m$^3$ VOC in 234370 m$^3$ air of 69 °C after treatment |
| | Finishing | Waste paper |
| Total VOC input:<br><br>385 kg | | Total VOC output:<br>58 kg fugitive (15 % of input)<br>320 kg treated<br>approx. 3 kg in treated gas<br>approx. 4 kg in waste |
| * Note: ink appears to be water-based, but this is not clear [76, TWG, 2004] | | |

**Table 2.18: VOC and waste balance of mixed-process virtual flexo plant [18, UBA Germany, 2003]**

### 2.3.3.2 Consumptions – flexible packaging

#### 2.3.3.2.1 Organic solvents

Table 2.19 shows a choice of typical organic solvents that are employed in package printing processes together with their field of application. Table 2.20 shows an overview of typical organic solvents that can be found in package printing processes applying water-based inks, adhesives or varnishes.

| Solvent | Vapour pressure (kPa) | Field of application |
|---|---|---|
| Ethyl acetate | 9.2 | Thinner, cleaning agent |
| Ethanol | 5.9 | Solvent in ink, cleaning agent |
| Mixtures of ethanol and ethyl acetate | | Mix depends on required drying time |
| Isopropanol | 4.3 | Solvent in ink, cleaning agent |
| Isopropyl acetate | 6.1 | Viscosity adjuster |
| Methyl ethyl ketone | 10.5 | Siccative; often used as solvent in adhesives and some varnishes |
| n-Butanol | 1.2 | Retarder |
| Methoxy propanol | 1.1 | Retarder |
| n-Propanol | 2.5 | Retarder |
| Ethoxy propanol | 0.65 | Retarder |
| Various esters | | Plasticiser |

**Table 2.19: Typical solvents used in solvent-based packaging printing processes [18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004]**

| Solvent | Vapour pressure (kPa) | Field of application |
|---|---|---|
| Ethanol | 5.9 | Solvent in ink, siccative, cleaning agent |
| Isopropanol | 4.3 | Solvent in ink, cleaning agent |
| n-Propanol | 2.5 | Solvent in ink |
| Special naphtha | 4.0 – 8.5 | Cleaning agent (rarely used as most packing is for food) |
| White spirit | 0.15 – 1.0 | Cleaning agent (rarely used as most packing is for food) |

**Table 2.20: Typical solvents used in water-based packaging printing processes [18, UBA Germany, 2003]**

Apart from organic solvents in purchased printing inks, other relevant solvent quantities are used in ink thinning (viscosity control) and for several cleaning jobs. Especially in the area of viscosity control, the gravure and flexography processes are different. Table 2.21 presents typical mean values of specific VOC employments.

It is important to note that the solid:solvent ratio in inks 'as bought' will vary enormously from plant to plant. Ink is delivered to certain specifications. In one extreme; it is delivered 'almost press)ready', with a solvent content of close to 75 % (a small final dilution is done at the press). At the other extreme, ink is delivered as a 'paste' with a solvent content of about 30 %. The pastes are mixed and diluted in the ink department to 'almost press-ready'. Again, the final dilution is made at the machine. In addition, a few years ago the 'normal' percentage of solvent in ink 'as bought' was between 50 and 60 %, this is now no longer the case. In larger plants, inks are today bought as 'paste' and diluted in-house [128, TWG, 2005]:

| Printing process | VOC used (expressed as % of purchased ink wt-%) in the following areas: | | | | | | Total VOC used as % of purchased ink wt-% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Printing inks [1] | | Thinners for inks | | Cleaning agents | | | |
| | Average | Range | Average | Range | Average | Range | Average | Range |
| Gravure solvent-based | 60 | 40 – 70 | 101 | 70 – 120 | 17 | | 178 | 127 – 207 |
| Flexography solvent-based | 60 | 45 – 75 | 81 | 50 – 95 | 14 | | 155 | 109 – 184 |
| Gravure water-based | 5 | 0 – 20 | 2 | 0 – 5 | 10 | 0 – 15 | 17 [2] | 0 – 40 |
| Flexography water-based | 5 | 0 – 20 | 2 | 0 – 5 | 10 | 0 – 15 | 17 [2] | 0 – 40 |

Notes: [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]
**[1] the machine-ready ink will always contain about 80 % solvent. An ink bought with a higher solvents content will require less solvent for thinning (viscosity adjustment). Averages for solvent-based inks: gravure tend to be slightly over 80 % and flexo tend to be slightly under 80 %.**
**[2] average for water-based inks of 17 % is too high.**

**Table 2.21: Specific VOC use in package printing processes**
**[18, UBA Germany, 2003]**

Table 2.21 shows, for example, that in a gravure solvent-based printing process, an average of 1.78 kg VOC per kg purchased ink input is used in the production and auxiliary processes of the plant. The range in this example is 1.27 - 2.07 kg VOC per kg purchased ink input.

On-site solvent recovery is only applicable to cleaning agents and will reduce the amount of cleaning agents that have to be purchased. This means that for the specific VOC uses per kg ink input, as mentioned in Table 2.21, the data concerning the column 'cleaning agents' are reduced by about 50 %.

#### 2.3.3.2.2 Printing inks and varnishes

[18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [22, Vito, 1998, 128, TWG, 2005]

**Types of inks used – solvent-based**

The most common solvents used in solvent-based package printing are ethanol and ethyl acetate. Furthermore, flexo printing plants use isopropanol, n-propanol, methoxy propanol and ethoxy propanol, and gravure printing plants also use methyl ethyl ketone, i-propyl-acetate and n-propyl-acetate. The choice of solvent used in the ink depends on the printing substrate.

During printing, the viscosity of the ink is adjusted as required, or is kept at its preset level by adding compatible solvents. Newly mixed inks are always produced slightly too viscous to allow exact adjustment to be made at the press.

Flexo ink is either solvent-based or water-based. Gravure ink is almost always solvent-based and water-based inks are rarely used. Table 2.22 shows an average composition of a basic recipe for solvent-based inks. The ink solvent concentration varies, see Section 2.3.3.2, above. Machine-ready inks contain about 80 % solvent and 20 % solids. Varnishes also contain about 80 % solvents [76, TWG, 2004][128, TWG, 2005]

| Component | Contents | Concentration (wt-%) |
|---|---|---|
| **Binding agent:** | | |
| **- solvent component** | **Normal drying solvents: e.g. ethanol, n-propanol, isopropanol** | **60 – 80** |
| | **Fast drying solvents: e.g. ethyl acetate, i- and n-propyl acetate, MEK, naphthas** | |
| | **Slow drying solvents: e.g. methoxy propanol, ethoxy propanol** | |
| **- binding agent component** | **Cellulose derivates (e.g. nitro-cellulose), polyvinyl butyrates, PVC, polyamides** | **10 – 2** |
| **Colourants** | **Inorganic and/or organic pigments** | **10 – 5** |
| **Colour auxiliary agents** | **e.g. softeners, waxes, slide agents, EDTA (no longer used in Germany)** | **1 – 6** |
| **Physical properties:**<br>**solids content: 25 – 40 %; net calorific value: >20 MJkg; flashpoint <21 °C** | | |

**Table 2.22: Average basic recipe for solvent-based flexo printing inks**
**[18, UBA Germany, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003]**

A typical formula for a flexo ink to be printed on paper is shown in Table 2.23 and a typical formula for a hydrocarbon solvent-free ink for paper is shown in Table 2.24.

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| **Pigment** | **20** |
| **Maleic resin varnish** | **16** |
| **Nitrocellulose varnish** | **38** |
| **Wax** | **4** |
| **Plasticiser** | **4** |
| **Ethanol** | **11** |
| **Isopropyl acetate** | **7** |

**Table 2.23: Typical flexo ink for paper as bought**
**[4, Intergraf and EGF, 1999]**

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| **Organic pigment** | **12** |
| **Alcohol-soluble polyamide resin** | **22** |
| **Nitrocellulose (dry weight)** | **4** |
| **Wax** | **4** |
| **Fatty acid amine** | **1** |
| **Ethanol** | **29** |
| **n-propyl alcohol** | **18** |
| **n-propyl acetate** | **10** |

**Table 2.24: Typical hydrocarbon solvent-free flexo ink for paper as bought**
**[4, Intergraf and EGF, 1999]**

Flexo inks for plastic substrates and metallic foils vary considerably from inks that are used on paper. The solvents used have changed over time, partly as a result of food packaging requirements and regulations. Aromatic ink solvents have been replaced by ethanol and ethylacetate and some MEK in adhesives and varnishes [4, Intergraf and EGF, 1999] [143, EC, 2002/4]:

Apart from the general basic recipe shown in Table 2.22, other examples of typical inks used in the gravure printing process can also be found; one of these is shown in Table 2.25. Of course, the ink formulation will vary considerably depending on the printing substrate, the press parameters and end use of the finished product.

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| **Pigment** | **4 – 12** |
| **Extender pigment** | **0 – 8** |
| **Resin** | **10 – 30** |
| **Plasticiser/wax/additives** | **2 – 10** |
| **Solvents** | **40 – 60** |

**Table 2.25: Typical recipe of a gravure ink as bought**
**[4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004]**

In general, the solvent choice will depend on many aspects, such as a need to avoid a solvent attack on a film or solvent coating, and to ensure that as little solvent as possible remains in the product, especially with food packaging. Only very rarely is it necessary to deviate from ethanol, ethylacetate and mixtures of the two. Occasionally MEK, acetone, toluene (packaging for medical purposes) or isopropanol (non-food paper product) may be found [4, Intergraf and EGF, 1999, 128, TWG, 2005]:

**Types of inks used – water-based**
Table 2.26 shows an average composition of a basic recipe for water-based inks applied in gravure printing. In water-based inks, the water concentration in the purchased printing inks is normally in the range of 50 – 60 %. Aqueous dispersions, such as styrene-acrylate copolymer, are mainly used as binding agents. According to the purpose and the desired resistances, acid resins which are transformed into a water-soluble form by saponification with alkaline substances (ammonia or amines), are employed for modification. During the drying process, the amines or ammonia escapes and the binding agent resins once more become insoluble in water [18, UBA Germany, 2003].

As drying additives, ethanol and isopropanol are added in low concentrations of mostly below 5 %. Only in cases of very special demands to the drying velocity, e.g. on thin papers, can this percentage increase up to 25 % [18, UBA Germany, 2003].

In most cases, the recipes contain additives such as anti-foam agents, wetting agents and biocides. Dilution can be made with water [18, UBA Germany, 2003].

| Component | Contents | Concentration (wt-%) |
|---|---|---|
| **Binding agent:** | | |
| **- aqueous solvent component** | **Water** | **50 – 75** |
| **- organic solvent component** | **Alcohols (e.g. ethanol, isopropanol)** | **0 – 13** |
| **- other binding agent component** | **e.g. polyester and acrylate resins, polyvinyl acetate** | **10 - 20** |
| **- other binding agent component** | **Ammonia, amino acids** | **1 – 5** |
| **Pigments** | **Inorganic and/or organic pigments** | **10 – 20** |
| **Colour auxiliary agents** | **e.g. waxes, (softeners and complex formers are not used in Germany)** | **1 – 5** |
| | **Ssaponification agents** | **1 – 5** |
| **Physical properties: solids content: 25 – 40 %; net calorific value: >10 MJkg; approx. pH value: 8** | | |

**Table 2.26: Average basic recipe for water-based gravure inks**
**[18, UBA Germany, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003] [76, TWG, 2004]**

A typical recipe of a water-based gravure ink for printing on coated paper, might be as shown in Table 2.27:

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| Acrylic resin | 32 |
| Water | 30 |
| Pigment | 15 |
| Acrylic dispersed phase polymer | 15 |
| Alkali | 2 |
| Anti-foam | 1 |
| Isopropanol | 3 |
| Wax dispersant | 2 |

**Table 2.27: Typical recipe of a water-based gravure ink for coated paper as bought**
**[4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003, 128, TWG, 2005]**

A typical, well performing, water-based flexo ink used for printing on paper and cardboard is shown in Table 2.28:

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| Acrylic emulsion | 50 |
| Water | 20 |
| Pigment | 25 |
| Monoethylamine | 2 |
| Polyethylene wax | 3 |
| Organic anti-foam | <1 |

**Table 2.28: Typical recipe of a water-based flexo ink for paper and cardboard as bought**
**[4, Intergraf and EGF, 1999]**

Water-based inks for printing onto polyethylene and polypropylene would typically have much higher acrylic dispersed polymer contents (40 %) and much lower acrylic resin percentages (5 - 10 %).

Cartons are almost always varnished, increasingly with water-based overprint varnishes. A water-based heatseal resistant varnish, suitable for overwrapping with film, might have the formula shown in Table 2.29:

| Component | Concentration (wt-%) |
|---|---|
| Hard acrylic resin | 15 |
| Isopropanol | 20 |
| Water | 15 |
| Acrylic emulsion | 35 |
| Amine or ammonium hydroxide | 2 |
| Wax emulsion | 5 |
| Wax dispersion | 5 |
| Release agent | 2 |
| Anti-foam | 1 |

**Table 2.29: Typical water-based varnish for cartons in gravure printing processes**
**[4, Intergraf and EGF, 1999]**

**Types of inks used – UV**
UV printing inks are increasingly applied in flexo printing. These inks consist of binders, additives, photo-initiators and the dyestuff which are all solid materials and contain no solvent. Drying, or more correctly, curing is the consequence of the cross-linking or polymerisation of the printing film resulting from the printed surface being exposed to short-wave UV light.

**Amounts of inks used**
The amount of both solvent- and water-based ink consumed depends largely on the colour of the ink and only slightly on the printing substrate or printing method. Table 2.30 shows some average values.

| Colours | Ink application (for theoretical complete coverage) ($g/m^2$) |
|---|---|
| White | 1.5 – 2.0 |
| Spot colours | 1.0 – 1.5 |
| Half tone | 0.5 – 1.0 |

**Table 2.30: Average ink application values**

The surface that is covered with ink, especially in flexible packaging, is determined by several complex customer requirements, such as:

- the quality of the image that has to be printed and the type of printing substrate
- the need to prevent light reaching the product inside (usually food)
- the need for an air-tight barrier and prevention of migration of smells
- for printing materials that are difficult to moisten (e.g. foils), a primer is applied that acts as an adhesive agent and is applied in the first printing run
- for improvement of the effect of the printed colours on transparent plastic or metal foils, the surface is first printed in matt white before applying the final colours
- improving the characteristics of the coloured surface, e.g. UV or abrasion resistance, a full-surface varnishing is employed as a last step in the printing job.

For example, on corrugated cardboard, the surface covered with ink is usually <20 %, while for high quality consumer goods (e.g. chocolate packages) a surface coverage of >400 % is reached by using a series of coatings. So-called 'flat tints' reach 100 % coverage for white ink on plastic, and also varnishes and adhesives have a large impact on the total surface covered [76, TWG, 2004].

#### 2.3.3.2.3 Cleaning agents

For cleaning the presses, primarily the same solvents as employed in the inks are used. Plants using water-based ink systems are usually cleaned with water, partly with admixtures of alkaline substances, such as sodium bicarbonate, and tensides. Mixtures of water with water-dilutable organic solvents are also used. In order to remove dried inks from the small cavities in gravure cylinders and anilox rollers, ultrasonic equipment or other solvent-free cleaning techniques may be used. High pressure water jets are also used on anilox rollers [18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

#### 2.3.3.2.4 Adhesives in lamination

Traditionally, most laminating was done with solvent-based systems. Such adhesives gave good levels of gloss and bond strength. Press ready varnishes contained about 80 % solvents. Alternatives to solvent-based systems are the epoxy or the urethane systems, in which two constituents react together to form a very tough film. Mixing of the two-components is required but there will be no solvent emissions. Solvent-free adhesives or UV curing laminating adhesives are also applied. Water-based adhesives may be used when paper needs to be adhered to aluminium or plastic foil. The water evaporates through the paper. Water-based adhesives have the lowest use[4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

#### 2.3.3.2.5 Energy and resources

**Energy**
The specific energy consumption of the good practice flexo plant described in Section 2.3.3.1 is 0.4 MWh/tonne product. Note that this good practice plant is equipped with a waste gas treatment with heat recovery [76, TWG, 2004].

The energy balance of the virtual solvent-based flexo plant as described in Table 2.16, in relation to the use of 1 tonne ink, is shown in Table 2.31.

| Input based on 1000 kg printing ink | Process step | Output |
|---|---|---|
| ***Included in the printing process*** | **Ink conditioning** | |
| **3185 kWh electric drives<br>1010 kWh electric cooling<br>580 kWh electric compressed air** | **Printing process** | |
| ***Included in the printing process*** | **Interim cleaning** | |
| **2800 kWh thermal oil (approx. 51 % intermediate driers and 49 % final or bridge driers)<br><br>985 kWh electric fans** | **Ink drying** | |
| ***Included in the printing process*** | **Finishing** | |
| **350 kWh electric fans** | **Waste gas treatment** | **5785 kWh thermal from energy recovery** |
| **Total input:<br>8910 kWh<br>6110 kWh electrical<br>2800 kWh thermal** | | **2985 kWh thermal net gain<br><br>Total output:<br>5785 kWh thermal** |

**Table 2.31: Energy balance of the virtual solvent-based flexo printing plant [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004]**

The energy balance of the mixed-process flexo printing virtual plant as described in Table 2.16, in relation to the use of 1 tonne ink, is shown in Table 2.32 [76, TWG, 2004].

| Input based on 1000 kg printing ink | Process step | Output |
|---|---|---|
| *Included in the printing process* | Ink conditioning | |
| 3180 kWh electric drives<br>1010 kWh electric cooling<br>580 kWh electric compressed air | Printing process | |
| *Included in the printing process* | Interim cleaning | |
| 5500 kWh thermal oil<br>(approx. 42 % intermediate driers and<br>58 % bridge driers)<br>980 kWh electric fans | Ink drying | |
| *Included in the printing process* | Finishing | |
| 1300 kWh thermal<br>350 kWh electric fans | Waste gas treatment | 0 |
| Total input:<br>13000 kWh<br>6200 kWh electrical<br>6800 kWh thermal | | Total output:<br>0 |

**Table 2.32: Energy balance of the mixed-based virtual flexo printing plant [18, UBA Germany, 2003]**

UV- and water-based inks need more energy to dry than solvent-based inks. UV inks need UV light to cure it and special equipment on the press. As the high energy supply to the lamps is turned into heat, large installations for cooling are also needed [21, Nordic Council of Ministers, 1998]. For water-based inks, an increase in the energy consumption of the driers of some 10 % is often found [4, Intergraf and EGF, 1999].

### 2.3.3.3 Emissions – flexible packaging

#### 2.3.3.3.1 Emissions to air

At EU-25 level for 2000 (according to the RAINS model) NMVOC emissions were 127.56 kt representing 1.2 % of total NMVOC emissions. The total activity was 91.69 kt of non-diluted ink and an average emission of 1.4 kg NMVOC/kg non-diluted ink [131, EGTEI, 2005]:

The mass balance shown in Table 2.15, shows that for a flexo printing plant, fugitive VOC emissions of 19 % of the solvent input are achievable although the measurement method is not clear. For the virtual plants described in Table 2.17 and Table 2.18, fugitive emissions of 16 % and 15 % respectively, are calculated to be achievable for a 100 % solvent-based printing plant [18, UBA Germany, 2003].

For packaging gravure, total emissions of 10 % of the total input can be achieved (fugitive and emissions after treatment). However, this requires a high level of emission reduction measures.

A recent report [127, VROM, 2004] showed VOC emissions from flexible packing plants using good practice to be in the order of 7.5 to 12.5 % of the reference emission (calculated according to the SED [123, EC, 1999]). Older plants that have connected only the more concentrated VOC sources to waste gas treatment achieve 10 – 25 % of the reference emission. Lower values may be associated with the extensive use of solvent-free products. Similarly, some plants without abatement equipment can achieve less than 25 % of the reference emission, but as a consequence, not many of these will use more than 200 tonnes of solvent per year.

In total, 29 different emission sources were distinguished. These include not only sources for fugitive emissions but also some sources for waste gas emissions. Distinction was made between four different groups of emission sources: press room (P), incineration (O for 'oxidiser'), cleaning (C) and ink preparation (I).

Table 2.33 below gives, for many sources, a typical emission value, possible reduction measures for that source and a typical emission value after the reduction measures have been taken. Note:

- 'typical' emission values are provided to give an impression of the order of magnitude. The emission is expressed as a percentage of the solvent consumption of the plant. Actual emissions values may vary widely
- 'n.a.' means that no typical emission value can be given. Emissions from sources such as 'defects in bypasses' or 'solvent content water-based products' obviously vary enormously from plant to plant
- 'very small' means that the total emissions of all the 'very small' sources may be less than 1 % of the solvent consumption
- 'negligible' means that the emission is either zero or an order of magnitude smaller than the 'small' emissions. Their total volume is smaller than the margin of error in the larger emissions.

| Group | Activity or source | Typical emission | Possible reduction measures | After reduction |
|---|---|---|---|---|
| **P** | Evaporation from the ink fountains during production | 5 % | 1. Adequate coverage of the ink fountains<br>2. Use chamber doctor blades<br>3. Encapsulation of varnishing or lamination units<br>4. Use of adhesives with reduced solvent content (see relevant techniques in Section 2.4.2)<br>5. Floor extraction through driers<br>6. Floor extraction sent to incinerator (see Section 2.4.2.5.2) | 2.5 % |
| | Evaporation from open viscosity adjustment units | Very small | None | Very small |
| | Leaking driers through defects or drier pressure higher than atmospheric | n.a. | Proper maintenance, correct operation, periodic checks (see Section 20.11.1.2) | Negligible |
| | Defects in the bypass of the driers (waste gases sent to atmosphere rather than to the incinerator) | n.a. | Give priority, proper maintenance, correct operation, periodic checks, instruction for manual operation if possible, speedy repairs (see Section 20.11.1.2) | n.a. |
| | Waste gas emissions from presses when these are filled with ink, but not yet printing | Negligible | None | Negligible |
| | Waste gas emissions from presses when these are printing at minimum speed | 0.1 % | None | 0.1 % |
| | Waste gas emissions from presses in the case of defects to production machines | Very small | None | Very small |
| | Waste gas emissions from presses when printing at make-ready speed. (30 to 60 m/min) | 3 – 8 % | Automatic closure of bypass before make-ready speed is reached (see Section 2.4.2.5.5) | Negligible |
| | Cleaning floors | 1 % | 1. Prevention of soiling<br>2. Use of squeezable sweeps<br>3. Use non volatile cleaning agents (see Sections 20.9and 20.10.1) | Very small |
| | Evaporation from open drums | Negligible | Keep closed as much as possible (see Section 20.2.2.1) | Negligible |
| | Residual solvent packaging materials for food | Very small | None | Very small |
| | Residual solvent in printed materials that are not packaging for food | 3 – 10 % | Improve drying | 0.1 % |
| **O** | Emissions from the incinerator | 0.5 – 1.5 % | (May increase if additional solvent laden air stream are sent to incinerator) | 0.5 – 1.5 % |

| Group | Activity or source | Typical emission | Possible reduction measures | After reduction |
|---|---|---|---|---|
| | Defects in the incinerator causing waste gases to be sent to the air | n.a. (0.4 % of input per defect day) | High priority: proper maintenance, correct operation, periodic check, instruction for manual operation if possible, speedy repairs (Section 2.4.2.5.2)<br>Equip with computer techniques, connect to supplier (see Section 20.2.3) | Very small |
| | The use of solvent-based inks, varnishes and adhesives on machines not attached to the incinerator | n.a. | Connect to incinerator at times when incinerator has enough capacity (see Section 20.11.1.4) | n.a. |
| | The use of solvent-based inks, varnishes and adhesives on driers not attached to the incinerator | n.a. | Refrain from using these driers for solvent-based inks<br>Connect to incinerator at times when incinerator has enough capacity (see Section 20.11.1.4) | n.a. |
| | Solvent content of water-based products (inks contain approx. 5 % solvent, varnishes and adhesives may be fully solvent-free) | n.a. | Priority: Use water-based products with solvent content as low as possible.<br>Otherwise: none<br>(see relevant techniques in Section 2.4.2) | n.a. |
| C | Drying process and ventilation in automatic washing machines using solvents | 5 % | 1. Ventilation to incinerator (Section 2.4.2.5.2)<br>2. Use non-volatile cleaning agents (see Sections 20.9 and 20.10.1) | Negligible |
| | Evaporation during manual cleaning operations | 1 % | 1. Prevent useless evaporation<br>2. Prevent cleaning and drying by hand after washing automatically<br>3. Use automatic washing machine as much as possible<br>4. Use non-volatile cleaning agents as much as possible<br>5. In press room, prevent contamination of objects that cannot be cleaned in washing machine as much as possible<br>6. In-depth cleaning of anilox rollers and cylinders with solvent-free methods (see Sections 20.9 and 20.10.1) | 0.5 % |
| | Cleaning and drying by hand after washing automatically | Included | See manual cleaning (see Sections 20.9 and 20.10.1) | Included |
| | Cleaning with machines other than automatic washing machines | Included | See manual cleaning (see Sections 20.9 and 20.10.1) | Included |
| | Cleaning of the floors | Included | 1. Prevention of soiling<br>2. Use of squeezable sweeps<br>3. Use of non-volatile cleaning agents (see Sections 20.9 and 20.10.1) | Included |
| | Evaporation from open drums (solvent, waste, etc.) | Included | Keep closed | Included |
| I | Evaporation resulting from the mixing of inks | Very small | Automatic ink mixing systems, drum close to nozzles, quickly close drums after filling (see Sections 20.2.3 and 20.2.2.1) | Very small |
| | Evaporation resulting from making colour tests | Negligible | None | Negligible |
| | Cleaning of the floors and other cleaning | 1 % | 1. Prevention of soiling<br>2. Use of squeezable sweeps<br>3. Use of non-volatile cleaning agents (see Sections 20.9 and 20.10.1) | 0.5 % |
| | Evaporation losses from tanks | Negligible | None | Negligible |
| | Evaporation from open drums | Very small | Keep closed (see Section 20.2.2.1) | Very small |

**Table 2.33: Reduction of fugitive emissions from flexible packing printing [127, VROM, 2004]**

The emissions caused by defects in driers, bypasses or in the incinerator itself may be considerable. The same is true for machines and driers not attached to the incinerator and the solvent content of water-based inks. No typical emission values are given, but the total of the emissions from these sources may easily be several per cent of the annual solvent consumption.

It can be seen that the total of the emissions from all the other sources may vary enormously. If none of the reduction measures mentioned in Table 2.33 are applied, this total may amount to well over 25 % of solvent consumption. If all possible reduction measures are applied, the total of these emissions may be well below 10 % of solvent consumption.

Allowing for several per cent of emissions due to defects and the solvent content of water-based inks, the total emissions can be expected to vary between 30 and 10 % in most plants.

In order to attain a total emission lower than 10 % of solvent consumption, it is necessary to carry out all or most of the following:

- prevent defects to incinerator, bypasses, driers; etc. (see Section 20.11.1.2)
- send waste gases from the driers to the incinerator both automatically and before make-ready press speed is reached (see Section 2.4.2.5.5)
- connect the ventilation exhaust of the automatic washing machines to the incinerator (see Section 2.4.2.5.2)
- reduce emissions due to evaporation from ink fountains during production (see Section 2.4.2.5.2)
- avoid the use of solvent-based products on machines not connected to the abatement equipment
- reduce the residual solvent in printed matter not intended to be used as packaging for food
- reduce the use of volatile solvents for cleaning floors (see Sections 20.9 and 20.10.1).

**Inks**
For water-based inks, 0.5 - 1.0 % ammonia emissions per kg ink input can be expected. On average, water-based inks contain 0 - 10 % organic solvent (ethanol or IPA) which will, in the end, be emitted [18, UBA Germany, 2003].

There are no emissions to air from UV inks.

**Lamination and varnishing**
When using solvent-based (SB) materials, the emissions from these processes are higher than from printing. With solvent-based adhesives, a large amount of air has to moved through the drier to keep the solvent/air ratio well below the lower explosive limit (LEL) [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Increasingly 2-component, solvent-free adhesives and water-based varnishes are used for lamination of plastic foil and varnishing of aluminium respectively. Water-based adhesives are often used to adhere paper to aluminium. Where water-based inks mostly still contain some solvent, water-based adhesives and varnishes are generally solvent-free.

**Cleaning**
Fugitive solvent emissions arise from cleaning where the quantity depends on the handling.

**Waste gas treatment**
Modern regenerative incinerators can work without the addition of fuel (autothermic operation) when the solvent concentration in the air to be treated is >1 g/m$^3$. At higher concentrations, the incinerator may produce excess heat, which may be recovered and used in production processes. In flexo and packaging gravure plants where the airflow has been optimised, and a large amount of the work is with 100 % coverage (such as white ink, adhesives and varnishes) concentrations of 4 to 6 g/m$^3$ are attainable, otherwise lower concentrations are found [76, TWG, 2004].

With incineration, emission levels of <100 C/Nm³ can be achieved and often levels of 20 - 50 C/Nm³, see Section 20.11.4.2 [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

Adsorption is also applied, although to a lesser extent, see Section 20.11.6. Adsorption can achieve a removal efficiency of up to 99 % in publication gravure (see Section 2.3.4.3), although this is not usual as it requires a high energy input in regeneration of the absorbent. In the clean gas, concentrations of <20 mg/m$^3$ are achieved, The hot steam desorption generates about 3 – 6 m$^3$ per kg of recovered solvent. In flexible packaging, solvent recovery through adsorption to activated carbon is also applied; frequently in Italy, rarely elsewhere. Where solvent recovery is applied, solvent consumption is limited as far as technically possible to ethyl acetate, in order to reduce the size of the adsorption unit, reduce dehydration problems and reduce the occurrence of azeotropic mixtures of ethylacetate with ethanol and MEK. Hot steam desorption is used less and less in flexible packaging, and currently inert gas desorption is usual. Recovery rates are generally 95 to 95.5 %, with a waste gas concentration of 50 to 150 mgC/m$^3$. [14, DFIU and IFARE, 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999, 128, TWG, 2005]

#### 2.3.3.3.2 Waste

[128, TWG, 2005]

**Printing substrate**

Printing substrate is wasted when starting a new printing job and also arises from misprints because of defects and when the edge of the printed web roll requires trimming. The quantity depends on the product produced, however it often accounts for 10 % of the final product in weight [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004].

**Ink**

Ink losses arise from three areas [4, Intergraf and EGF, 1999]:

- the amount of ink prepared always exceeds the need to avoid presses running out of ink
- ink supplied to the inking unit, but not used, is stored and later used on a repeat job for the same client. Most plants have a large stock of these readymade inks waiting for repeat jobs. Periodically, inks that are not expected to be used again are removed
- the mixing of the ink results in the wrong colour. To correct this mistake, more ink has to be added and, as a result, too much ink is prepared.

Surplus inks are disposed of as waste, or alternatively are distilled in-house. Their solvent content is then recovered and used for cleaning purposes; the ink sludge is disposed of as waste.

However, modern practice with computerised colour-matching systems enables better first time quality resulting in very little ink wastage and minimal leftover batches, which can be used again in slightly different colours (see Section 20.6.3.6). In situations where no computerised systems for mixing the right colour are applied, some 10 – 20 % of the ink purchased ends up as waste. Where computerised systems are used, the amount of waste ink is reduced by at least 25 - 75 % [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004].

**Cleaning**

Dirty wipes containing solvents, dirty cleaning mixtures of water and solvent, and ink residues stem from interim cleaning. When the cleaning agents are distilled, the resulting waste, i.e. ink sludge, is far less than without recovery [18, UBA Germany, 2003].

When cleaning is done without using solvents, the waste water might be treated and discharged. Cleaning solutions with solvents are normally treated as hazardous waste [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Cleaning agents can be successfully recovered by distillation.

**Others**
Other wastes are, for example [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004]:

- photopolymer and rubber printing plates: The steel, polyester or aluminium sleeves are re-used repeatedly: the polyester or rubber materials are glued to these
- non-returnable metal containers
- reel cores
- film wastes.

#### 2.3.3.3.3 Waste water

Waste water from water-based ink processes can be treated and disposed of to the sewerage system. The total amount of waste water is highly dependent on the working methods, and on average 2 – 3 $m^3$/t ink is used and discharged, mainly from interim cleaning and cleaning the machinery after a job. The characteristics of this waste water before and after treatment are shown in Table 2.34. Copper is not present to the extent shown in Table 2.34 in inks, and is likely to come from the paper (see Section 2.3.2.3.3) [76, TWG, 2004].

| Contaminant | Before treatment (mg/l) | After treatment (mg/l) |
|---|---|---|
| **AOX** | **1500** | **1** |
| **Cu** | **20** | |
| **Hydrocarbons** | **1000 – 5000** | **10** |
| **COD** | **1000** | **200** |

**Table 2.34: Characteristics of waste water from water-based ink processes [18, UBA Germany, 2003]**

The amount of ink sludge resulting from the waste water treatment differs depending on the treatment applied. Treatments such as coagulation and flocculation, which are most commonly applied, result in high quantities of sludge compared to ultrafiltration, for example [18, UBA Germany, 2003].

Waste water with water-based ink is normally discharged to the sewerage system, with or without in-house treatment. After treatment, the water may be re-used and the sludge disposed of as waste [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

## 2.3.4 Publication gravure

### 2.3.4.1 Mass balances – publication gravure

[18, UBA Germany, 2003, 128, TWG, 2005]

In 1999, the results of an inventory amongst publication gravure plants in Germany were reported. One of the results of this inventory was that the performance data from different units of different plants were compared and used to simulate a virtual plant that could meet the legal requirements, especially those of the Solvent Emissions Directive [76, TWG, 2004]. In this section, a mass balance for a good practice plant (selected from the inventory) is reported, followed by data for the virtual plant.

**A good practice plant**

In this section, data of a good practice plant from this inventory are reported along with the mass balances of the virtual plant. The virtual plant is, as explained above, not an existing plant, but made up of well-performing units from different existing plants. The good practice plant is a modern publication plant with five presses containing forty ink units in total. The products are mainly magazines and catalogues which both need to be of high quality. The operational data of this good practice plant are as shown in Table 2.35:

| INPUT | Amount | Unit | Notes | OUTPUT | Amount | Unit | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Material** | | | | **Products** | | | |
| **Pre-products** | **3100** | **t/yr** | | **Pre-products** | **86367** | **t/yr** | **Paper and ink** |
| | | | | **Waste** | | | |
| **Printing substrate** | **91300** | **t/yr** | | **Substrate/misprints** | **8005** | **t/yr** | |
| **Printing inks** | **2210** | **t/yr** | **Including varnish** | **Ink/varnish residues** | **15.7** | **t/yr** | **Hazardous** |
| **Water: of which** | **158150** | **$m^3$/yr** | **Well water** | **Sludge** | **7.5** | **t/yr** | **Hazardous** |
| | **123100** | **$m^3$/yr** | **Cooling** | | | | |
| | **9000** | **$m^3$/yr** | **Cylinder preparation** | **Activated carbon** | **2.6** | **t/yr** | **From adsorbers** |
| | **6500** | **$m^3$/yr** | **Heating** | **Waste water** | | | |
| **Wipes** | **600125** | **Items/yr that are cleaned** | **Re-usable wipes** | **To sewage** | **33200** | **$m^3$/yr** | **2418 $m^3$/yr from electro-varnishing** |
| **Energy** | | | | **Waste gas** | | | |
| **Energy in total** | **67509** | **MWh/yr** | | **VOC in purified gas** | **7.2** | **t/yr** | **Average * 35 mg C/$m^3$** |
| **Gas energy** | **44051** | **MWh/yr** | | **$NO_X$ from combustion plant** | **7.6** | **t/yr** | **Natural gas combustion** |
| **Electric energy** | **24011** | **MWh/yr** | | **CO from combustion plant** | **0.2** | **t/yr** | **Natural gas combustion** |
| | | | | **Fugitive** | | | |
| | | | | **VOC fugitive** | **365** | **t/yr** | |
| *** Note: the waste gas average of 35 mg C/$m^3$ is low and will be associated with a high energy demand [76, TWG, 2004].** | | | | | | | |

**Table 2.35: Mass balance of a good practice publication gravure plant [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004]**

**The virtual plant**

The VOC balance of the virtual plant by employing emission factors that are typical for the branch, gives the following results shown in Figure 2.10 below. Inks, when bought, contain on average 50 – 55 % of toluene rather than 45 % (gravure varnish contains 45 – 55 % VOC). However, it does not affect the calculations, as after dilution, the figures approximately balance. VOC in 'clean gas' equals a recovery efficiency of 99.9 %, which is exceptional and far lower than usual good practice, is technically very difficult to achieve and would create a large energy demand. The average airflow is 19000 $Nm^3/h$, which is unusual in practice and 100000 $m^3/h$ would be much more likely [76, TWG, 2004].

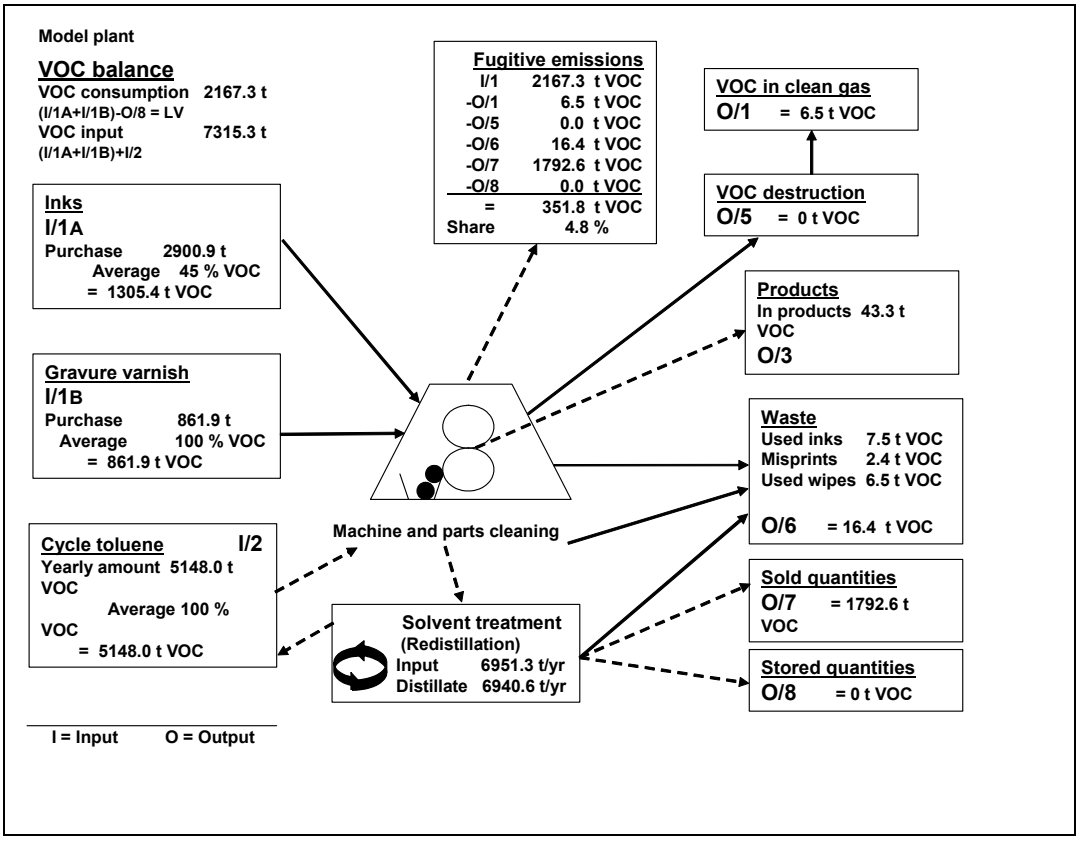


**Figure 2.10: VOC balance of a virtual publication gravure plant**
**[18, UBA Germany, 2003]**
**Note. 'Gravure varnish' should read 'Gravure extender'. Gravure extender contains 45 - 55 % toluene not 100 %. This affects the calculations [128, TWG, 2005]**

This mass balance is, in theory, achieved by applying the following reduction measures:

- the applied printing inks are retention inks (see explanation below)
- air extraction is applied at collecting places of ink residues and solvent wipes
- periodic cleaning of persistent contaminants is done with dry ice instead of solvents
- the performance of the toluene adsorber is continuously monitored
- the drying air from the toluene adsorber is led through the waste gas scrubber.

In 'retention inks', formation of a skin on the ink surface is delayed by a modified recipe. In this way, a higher percentage of the toluene contained in printing ink can be expelled directly into the ink drying unit of the printing plant [18, UBA Germany, 2003].

Some key VOCs in illustration gravure are shown in Table 2.36. From this table it can be calculated that for each tonne of purchased ink, 1.86 tonnes toluene (partly recovered and partly fresh) is used. Data from two plants show a specific toluene input of 1.96 and 1.48 tonnes respectively for each tonne of purchased ink; see Table 2.37. However, it is not clear if this refers to the ratio of toluene to solids; this is the only accurate basis to compare with ink input [76, TWG, 2004].

| Substance | Vapour pressure at 20 °C (kPa) | Specific input (wt-% of purchased ink input) | Use |
|---|---|---|---|
| Toluene | 2.9 | 54.7 | Solvent in ink and gravure varnish |
| | | 100 | Thinner in the printing process |
| | | 2.5 - 7.5 [128, TWG, 2005] | Cleaning agent [76, TWG, 2004] |
| Ethanol | 5.9 | <1 | Siccative for cylinder correction |
| Turpentine substitute | 0.04 | <1 | Cleaning agent for cylinder correction |
| Acetone | 24.0 | <1 | Cleaning agent for cylinder correction |

**Table 2.36: VOCs in publication gravure**
**[18, UBA Germany, 2003]**

| | Purchased ink input (t/yr) | Total toluene input (fresh and recovered) (t/yr) | Specific toluene input (wt-% of purchased ink input) |
|---|---|---|---|
| Plant 1 | 1312 | 2571 | 196 |
| Plant 2 | 1475 | 2179 | 148 |

**Table 2.37: Specific toluene input of two plants in Flanders, Belgium**
**[32, Aminal, et al., 2002]**

Toluene balances of the two gravure printing plants with a total of five presses situated in Flanders (Belgium) are shown in Table 2.38. The fugitive toluene emissions are 10 and 6 % respectively. The technique for achieving zero toluene in the waste of Plant 2 has not been not identified [76, TWG, 2004].

| | Plant 1 | Plant 2 | Unit |
|---|---|---|---|
| Total toluene consumption (fresh and recovered) | 2571 | 2179 | t/yr |
| Toluene in waste | 11 | 0 | t/yr |
| Toluene in sold product | 10 | 10 | t/yr |
| Toluene recovered and re-used on site | 1694 | 1428 | t/yr |
| Toluene recovered and sold | 599 | 613 | t/yr |
| Emissions | | | |
| Toluene emissions after treatment | 1.1 | 4 | t/yr |
| Fugitive toluene emissions (1) | 265 | 133 | t/yr |
| Total toluene emission | 266.1 (10 %) | 137 (6 %) | t/yr (% of consumption) |
| (1) inclusive of 10 tonnes toluene in the sold product | | | |

**Table 2.38: Toluene balances of two gravure printing plants**
**[32, Aminal, et al., 2002]**

### 2.3.4.2 Consumptions – publication gravure

#### 2.3.4.2.1 Printing inks

All inks used in publication gravure are toluene-based. Table 2.39 shows an average basic recipe for publication gravure. In the printing plant, inks of this type of recipes are significantly thinned before being used. The toluene concentration of the press-ready ink is in the range of 70 – 80 wt-%.

| Component | Contents | Concentration (wt-%) |
|---|---|---|
| **Binding agent:** | | |
| - **Solvent component** | **Toluene** | **50 – 60** |
| - **Binding agent component** | **e.g. phenol resins, hydrocarbon resins, ethyl cellulose** | **30 – 40** |
| **Colorants** | **Organic and inorganic pigments** | **8 – 20** |
| **Colour auxiliary agents** | **e.g. waxes, dispersants, defoamers** | **1 – 4** |

**Table 2.39: Average basic recipe of purchased publication gravure ink [18, UBA Germany, 2003]**

The amount of ink used in the publication printing industry is vast; an average four press plant may use 10000 tonnes of press-ready ink per year and will consequently have a solvent input of about 8000 tonnes. Of this amount, some 7000 tonnes are recovered and either re-used or sold back to the ink manufacturer [4, Intergraf and EGF, 1999].

Water-based inks have been the subject of experiment. A major problem is that, with the existing paper recycling processes, de-inking of the paper is not possible. This, in combination with lower press speeds, print problems with wide web widths and cross-media effects, has led to cessation of their use [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

A successful development of publication gravure inks has led to a new generation of toluene-based inks known as 'retention inks'. Their formulation has been modified in such a way that the toluene evaporates more efficiently in the driers. Although they contain about 5 % more toluene when press-ready, they can lead to less fugitive emissions. These new inks are distributed by several manufacturers [37, CITEPA, 2003] [18, UBA Germany, 2003] [35, Aminal, et al., 2002].

#### 2.3.4.2.2 Cleaning agents

All inks used in publication gravure are toluene-based. Once dry, they re-dissolve in toluene, which is, therefore, used as the cleaning agent. Data on the amount of cleaning agents used are not available, however, only the relative value in Table 2.36 shows that for each tonne of purchased ink, 2.5 - 7.5 wt-% toluene is used for cleaning [128, TWG, 2005]

#### 2.3.4.2.3 Energy and resources

The specific energy use of the good practice plant shown in Table 2.35 is 0.8 MWh per tonne pre-product.

The toluene recovery process uses some 2 – 8 kg of steam per kg of recovered toluene. Where, in a 'normal' four press plant, some 7000 tonnes of toluene are recovered yearly, some 20 to 30000 tonnes of water are necessary. Normally this water is re-used for cooling purposes or, in the case of new recovery installations, combined with new steam boilers and used again as steam for the toluene recovery. As cooling water, about 30 - 50 % water can be saved. In

situations where the condensed steam is re-used as boiler water, the savings are up to 100 % [4, Intergraf and EGF, 1999, 32, Aminal, et al., 2002].

#### 2.3.4.2.4 Printing substrates and others

No data submitted.

### 2.3.4.3 Emissions – publication gravure

[128, TWG, 2005]

#### 2.3.4.3.1 Emissions to air

At EU-25 level for 2000 (according to the RAINS model), NMVOC emissions were 61 kt representing 0.58 % of the total NMVOC emissions. The total activity was 191.48 kt of ink, with an average emission of 0.32 kg NMVOC/kg non-diluted ink which means that this industry already has significantly reduced emissions [132, EGTEI, 2005]:

All publication gravure plants nowadays have toluene recovery installations. In spite of the toluene recovery, part of the toluene input is still emitted. The abatement equipment has limited efficiency, air from the press room or other department where toluene is used may be ventilated to the outside and also other fugitive emissions may occur [4, Intergraf and EGF, 1999]. However, the residual toluene content in the printed product is by far the most significant source of toluene emissions [18, UBA Germany, 2003].

In the standard situation, 85 % of the total toluene input is recovered and 2 - 3 % stays in the product; the rest is fugitive. As guidance for standard situations in Flanders, Belgium; there is an emission factor of 0.13 kg fugitive toluene per kg of the total input (new and re-used toluene) [22, Vito, 1998] [35, Aminal, et al., 2002]. The virtual plant in Figure 2.10 and the plants in Table 2.38 show 0.16, 0.10 and 0.06 kg fugitive toluene per kg of the total input, respectively [76, TWG, 2004].

Currently new, modern plants normally emit between 4 - 10 % of their total solvent input and standard plants between 10 - 15 %. These modern type presses apply retention inks and all ventilation air (from room and driers) is sent to the solvent recovery installation, even when the press is idle. In the standard situation, only the air from drier ventilation of operational presses is sent to the abatement device [37, CITEPA, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000].

Of the five gravure printing presses present in the two gravure plants in Flanders, Belgium, the air from the driers is continuously led to the solvent recovery installation, whether the presses are operational or not. From one of these presses, the ventilation air of the press room is also sent to the recovery installation. These plants also apply retention inks and with this combination of reduction techniques, they can reduce their total toluene emissions to 6.5 % of the total input [32, Aminal, et al., 2002].

Existing plants in Germany are permitted to emit 10 % of the total toluene input and for new plants this is 5 %. New and existing plants in the Netherlands are allowed to emit 8.5 % of the total toluene input. Dutch plants achieve this by extracting all the air from rooms where toluene is worked and route this to the waste gas treatment system [35, Aminal, et al., 2002] [29, Netherland, 1996].

Using a range of good practice techniques, emissions for new plants of 4 to 5 % can be achieved, and for existing plants 7.5 to 8.5 % (expressed as a percentage of the total solvent, i.e. toluene input) [76, TWG, 2004].

In the following paragraphs details about the different emission sources are discussed.

**Inks**
The toluene concentration of the press-ready ink is about 80 wt-%, which will all be emitted and most of it recovered, except for about 2 - 3 % that remains in the product.

Retention inks might reduce fugitive emission by 1 % of the total toluene input [35, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004].

**Cleaning agents**
Once the ink is dry, they re-dissolve in toluene, which is therefore used as the cleaning agent. Cleaning may give rise to fugitive emissions of toluene, however, data on quantities are not available: The quantities emitted will be included in the reported fugitive or total emissions. They will depend on the ventilation system and its connection to the solvent recovery systems. Cleaning agents are normally distilled and re-used [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004].

Data on emissions from cleaning agents for water-based inks are not available.

**Toluene recovery installation**
Toluene is easy to recover. It adsorbs well to activated carbon and is retrieved by heating the carbon with steam. The steam and solvent vapours are condensed and separate almost completely. The toluene is part re-used and part sold back to the ink manufacturers [4, Intergraf and EGF, 1999].

A removal efficiency of 99 % is technically achievable. However, there is a balance with increased energy consumption [35, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004].

**Monitoring of emissions to air**
The Solvent Emissions Directive prescribes an emission limit value at the outlet of the waste gas treatment system of 75 mg C/Nm$^3$ in a 24 hour average and 112.5 mg C/Nm$^3$ in a 1 hour average. In practice, the 1 hour average is the limiting level for the adsorption cycle. It commonly happens that the 24 hour average is approximately 10 – 50 mg C/Nm$^3$, while the 1 hour average is only met three of four times a day. Monitoring the 1 hour average requires continuous measuring of the emission concentration instead of the cheaper and easier longer time period or volume control.

#### 2.3.4.3.2 Waste

**Inks**
In most cases, the work is done with four standard process colour inks and very little mixing of inks takes place. Presses work in shifts and, if at all, are only stopped during the weekends and for public holidays. Only a small proportion of the ink becomes waste and re-using press returns is normal practice [4, Intergraf and EGF, 1999].

Leftover coloured ink is normally mixed with black ink and thus re-used, saving on black ink. Waste ink can be distilled to recover the toluene. The distillation sludge, which is about 20 % of the original weight of the waste ink, is disposed of. However, because of the small amounts of tolune recovered, distillation is not often applied because of the relatively expensive equipment needed [4, Intergraf and EGF, 1999].

#### 2.3.4.3.3 Waste water

The toluene recovery process uses some 2 to 8 kg of steam per kg of recovered toluene. Where in a 'normal' four press plant some 7000 tonnes of toluene are recovered yearly, some 20000 to 30000 tonnes of water are necessary. The condensed steam will contain toluene to its maximum solubility of approximately 0.05 %, in a range of 0.38 - 0.54 g/l. Toluene is on the list II (the EU black list) of substances for water, from Directive 76/464/EEC [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004].

The condensed steam is stripped of toluene by bubbling air through it; the toluene concentration in the discharged water is approximately 1 to 10 mg/l. The discharge of the above-mentioned 'normal' plants will be around 0.1 - 0.3 kg toluene per year [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000].

## 2.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für das Drucken zu berücksichtigen sind

In diesem Abschnitt werden die folgenden Druckverfahren angesprochen:

- Heatset-Offsetverfahren ( siehe Kapitel 2.4.1)
- Flexo- und Verpackungstiefdruck (siehe Kapitel 2.4.2)
- Illustrationstiefdruckverfahren (siehe Kapitel 2.4.3).

Dies sind die Verfahren, die am wahrscheinlichsten die Schwellenwerte des Anhangs I (6.7) der IVU-Richtlinie überschreiten. Eine Anlage, die nur das Bogenoffsetverfahren verwendet, wird wahrscheinlich nicht den Schwellenwert der IVU-Richtlinie überschreiten, diese Tätigkeiten können aber auf einer Anlage mit Heatset-Offsetverfahren oberhalb des Schwellenwerts durchgeführt werden, z.B. zur Herstellung von Magazinen. Beispielsweise wird eine Bogen-offsetanlage für Hochglanzmagazinumschläge verwendet, während die Innenseiten mit Heatset-Offsetverfahren gedruckt werden. Obwohl große Coldset-Offsetanlagen wenige oder keine Lösemittel beim Druck verwenden, setzen einige große Anlagen mehr als 200 Tonnen Lösemittel pro Jahr für die Reinigung ein. Aufgrund von Arbeitsschutz- und Sicherheitsanforderungen wurde in einigen Ländern damit aufgehört, es kann aber immer noch auftreten. [114, Jepsen, 2005].

Andere Druckprozesse können in der gleichen Anlage stattfinden oder können den Schwellenwert des Anhangs I (6.7) der IVU-Richtlinie überschreiten. Bei diesen Tätigkeiten sind die allgemeinen Techniken bei der Bestimmung von BAT (siehe Kapitel 20) anzuwenden, als auch geeignet erscheinende Techniken aus diesem Kapitel.

Die EGTEI-Übersicht für das Heatset-Offsetverfahren, den Flexo- und Verpackungstiefdruck und den Illustrationstiefdruck liefert einige Angaben zu Kosten-Nutzen-Effekten auf europäischer Ebene für einige Techniken zur Reduzierung der VOC-Emissionen. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss jedoch die Komplexität begrenzen, es sind nur einige grundsätzliche Techniken angegebene, die andere BVT-Faktoren, wie medienübergreifende Effekte, technische Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte, nicht berücksichtigen. In der Druckindustrie ist eine komplexe Bandbreite von Techniken bei der Bestimmung von BVT zu berücksichtigen [130, EGTEI, 2005] [131, EGTEI, 2005] [132, EGTEI, 2005]:

In den drei Druckbereichen werden allgemeine Themen wie die Substitution von lösemittelbasierten Farben, Sammlung und Behandlung von Abgas und Reinigung diskutiert. Detaillierte Informationen sind sektorspezifisch, dies ist der Grund für die individuelle Diskussion jedes Bereichs.

### 2.4.1 Heatset-Offsetdruckverfahren

[128, TWG, 2005]

Die in Kapitel 20 diskutierten Verfahren können auch in der Druckindustrie Anwendung finden. Tabelle 2.40 zeigt die allgemein relevanten Techniken für das Heatset-Offsetdruckverfahren. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich der Druckindustrie mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der zu berücksichtigenden Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagmentprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/ Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagment | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Lackierprozesse und anlagen | 20.7 |
| Trocknen | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Substanzen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubminderung | 20.14 |
| Geruchsminderung | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 2.40: Verweis auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

#### 2.4.1.1 Konventionelle Heatset-Druckfarben

**Beschreibung:** Die Basisbestandteile der Offsetfarben sind: Pigmente, Bindemittel (Harze, Lacke, Mineralöle) und Additive (Trockenstoffe). Zusätzlich werden bestimmte Substanzen (Drucköle/Verdünner, Abriebfestigkeitspasten, Hochglanzstoffe, Trocknungsverzögerer u.a.) den Farben zugefügt, um ihre Eigenschaften einzustellen. Der beim Heatset-Rollenoffsetdruck-verfahren verwendete Bindemittelgehalt der Farben (hochsiedende Petroleumfraktionen und Pflanzenöle) beträgt 25 bis 50%.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Lösemittel der Farben ist hochsiedend und verdampfen teilweise im Trockner.

**Medienübergreifende Effekte:** Gehalt an Mineralöl aus nichterneuerbaren Ressourcen.

**Betriebsdaten:** Siehe Kapitel 2.3.2.2.2.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für eine Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999]

#### 2.4.1.2 Ersatz konventioneller Heatset-Druckfarben (Substitution)

##### 2.4.1.2.1 Druckfarben auf Pflanzenölbasis

**Beshreibung:** Druckfarben auf Pflanzenölbasis wie Sojabohnenöl können manchmal Mineralöle in konventionellen Druckfarben ersetzen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der größte Vorteil der Pflanzenölfarben ist, dass sie aus erneuerbaren Ressourcen stammen und dass der beim Deinking anfallende Schlamm besser biologisch abbaubar ist.

Die Reinigung kann mit Wasser und Reinigungsmittel erfolgen.

Allgemein werden mineralölfreie Druckfarben als “saubere Technologie” bezeichnet, obwohl eine vollständige Ökobilanz nicht bekannt ist. Bei den Vergabekriterien des „Nordic Swan“ werden diese den mineralölbasierten Druckfarben vorgezogen.

**Medienübergreifende Effekte:** Pflanzenölbasierte Druckfarben zeigen die Tendenz, stärker an den Fasern zu haften, was zu Schwierigkeiten beim Deinking führen kann.

**Betriebsdaten:** Im Allgemeinen werden diese Druckfarben bei Heatset-Prozessen nicht verwendet, siehe Abschnitt Anwendbarkeit unten.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird nicht beim Heatset-Offsetverfahren verwendet, bei dem die Mineralöle verdampft werden und Pflanzenöle nicht schnell genug verdampfen. Sie werden nur im Bogenoffsetverfahren, bei dem die Öle nicht verdampfen, sondern durch Oxidation gehärtet werden, verwendet. Pflanzenöl-basierte Farben und Lacke werden nicht zum Druck von Zeitungen benutzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für eine Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [11, IMPEL, 2000] [53, US EPA et al., 2003] [76, TWG, 2004]

### 2.4.1.3 Reduktion der Emissionen aus dem Feuchtmittel

Es wird angmerkt, dass wenn bei Isopropylalkohol (IPA) von Prozentangaben gesprochen wird, nicht immer klar ist, ob damit Volumenprozent oder Massenprozent gemeint sind. Der Unterschied kann aber so bedeutend sein, dass er berücksichtigt werden sollte [76, TWG, 2004].

Zusätzlich zu den technischen Druckanforderungen gibt es mehrere Möglichkeiten, die die Reduktion oder vollständige Substitution von IPA beeinflussen:

- Änderungen der Oberfläche des Druckpapiers (Unterschiedliche Art der Beschichtung, keine Beschichtung, unterschiedliches Maß an Kalandrierung, usw.) erfordern vielfältige Änderungen der Feineinstellungen der Druckmaschine. Diese Änderungen erfordern Zeit und erhöhen die Papierverluste bei der Einstellung. Bei der Verwendung von IPA können Änderungen der Papieroberfläche schneller und mit weniger Papierverlust geregelt werden als bei einer Reduktion oder Substitution von IPA. Wenn häufige Änderungen der Papieroberfläche vorkommen, kann die Reduktion oder Substitution von IPA erhebliche negative wirtschaftliche Effekte haben.
- In Fällen von hoher Druckfarbenabdeckung (prozentuale Fläche, die mit Druckfarbe bedeckt ist) macht die Verwendung von IPA es möglich, dass sehr kleine Bereiche ohne Druckfarbe verbleiben. Bei vollständiger Druckfarbenbedeckung verhindert die Verwendung von IPA das Auftreten kleiner Wassertropfen, die zu weißen Flecken bei vollständiger Druckfarbenabdeckung führen können. Wenn häufig vollständig oder fast vollständig mit Druckfarbe abgedeckte Seiten gedruckt werden, kann die Reduktion oder Substitution von IPA wesentlich häufiger eine Zwischenreinigung der Drucktuchzylinder oder Platten notwendig machen.
- Wo Kenntnisse, Ausbildung und Erfahrungen der Bediener der Druckmaschine nicht sehr hoch sind, treten bei Versuchen zur Reduktion oder Substitution Fehler fast unvermeidbar auf. Andererseits kann ein erfahrener Bediener die Möglichkeit der erfolgreichen Reduktion von IPA durch Festhalten an traditionellen Einstellungen verhindern.

Siehe auch allgemeine Techniken der Substitution, Abschnitt 20.10.

#### 2.4.1.3.1 Ersatz von IPA im Feuchtmittel (Substitution)

**Beschreibung:** Es gibt Additive, die die Verringerung der IPA-Konzentration im Feuchtmittel ermöglichen. Die meisten dieser Additive sind Glykolether. Sie werden in Konzentrationen von 1 % oder manchmal 3 – 5 % in Abhängigkeit vom Additiv dem Feuchtmittel zugefügt. Einige Additive sind für den vollständigen Ersatz von IPA vorgesehen andere für die Verwendung mit IPA in geringer Konzentration. Ethanol wird manchmal als angebliches "Öko-Lösemittel" statt IPA verwendet (siehe medienübergreifende Effekte unten).

Additive, die zu guten Ergebnissen führen und ein geringes Ozonbildungspotential haben (siehe Kapitel 20.10.2) sind:

- Propyleneglycol
- Glyzerin
- Dihydro-3-Methyl-2,5-Furandion
- Butyldiglycol.

**Erreichte Umwelteffekte:** IPA Konzentrationen von 2 – 8 % (tatsächliche Anteile hängen von der verwendeten Messmethode ab) können erreicht werden, in einigen Fällen ist Arbeiten ohne IPA möglich. Glykolether verdampfen ebenfalls und sind auch VOC-Emissionen, aber die Emissionen sind geringer als die des ersetzten IPA. Es kann aber sein, dass das nicht hilfreich ist bei der Reduktion von VOC-Emissionen zur Verhinderung der Ozon-Bildung. Das Ozon-Bildungspotential einiger Glykolether ist 10-fach höher als das von IPA bei gleicher verdampfter Menge.

**Medienübergreifende Effekte:** Einige Additive stehen im Verdacht, erhebliche Auswirkungen auf Gesundheit und Sicherheit zu haben, es wird angenommen, dass diese derzeit nicht auf dem Markt sind. Deshalb sollten Sicherheitsdatenblätter vor der Verwendung von Additiven geprüft werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die oben aufgeführten Additive alle wesentlich geringere maximale Arbeitsplatzkonzentrationen als Isopropanol haben.

Diese Additive sollten nur verwendet werden, wenn klar ist, dass die Verdampfung geringer ist als im Falle von Isopropanol.

Manchmal wird Ethanol als IPA-Ersatz verwendet, das sollte jedoch verhindert werden, da das Ozonbildungspotential doppelt so hoch wie bei IPA ist. Diese Tatsache und der um ein Drittel höhere Dampfdruck als bei IPA haben einen negativen Effekt auf die Umwelt.

**Betriebsdaten:** Die Minderung des IPA-Verbrauchs tritt nicht automatisch mit der Substitution ein. Die Spezifikation des zu bedruckenden Produktes, die Kombination von Papier und Druckfarbe, das örtliche Klima und die Kenntnisse des Bedienpersonals der Druckmaschine beeinflussen sehr wesentlich, ob die Substitution den gewünschten Effekt hat.

Zur Verbesserung des Ersatzes von Isopropanol können keramische, Chrom-beschichtete oder hydrophile Feuchtwalzen in Verbindung mit hydrophilen Gegendruckwalzen zum Einsatz kommen, siehe Abschnitt 2.4.1.3.3

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei Heatset-Offsetdruckanlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für IPA betragen 0,55 € pro Liter, die Kosten für Substitute betragen 1 bis 1,50 € pro Liter. Da die Additivmenge für den IPA-Ersatz geringer ist, sind die Gesamtkosten vergleichbar hoch. Der Wechsel zu einer anderen Technik verursacht jedoch immer Kosten durch Produktionsausfall und Wechselzeiten.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheit und Sicherheit: 90 % des IPA verdampft in der Druckmaschine und erreicht niemals das Papier, dies erfordert eine hohe Be- und Entlüftung.

**Beispielbetrieb:** Impress Group, Lint, Antwerp, Belgium (IPA vollständig substituiert).

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [29, Netherland, 1996] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.3.2 Optimieren der IPA-Konzentration im Feuchtmittel

**Beschreibung:** Die IPA-Konzentration im Feuchtmittel ist soweit wie technisch möglich reduziert. Dafür gibt es verschiedene Faktoren:

- Mehr Sorgfalt ist erforderlich bei der Einstellung der Druckmaschine.
- Um reproduzierbare Druckeinstellungen bei reduziertem IPA-Gehalt zu erhalten, ist eine exakte und kontinuierliche Messung der IPA-Konzentration erforderlich, z.B. durch Infrarot- oder Ultraschallmessgeräte.
- Um das Drucken mit geringen IPA-Konzentrationen zu erleichtern, wird angepaßte Druckerfarbe verwendet, die mehr Wasser aufnehmen kann als normale Heatsetfarbe.
- Offset-Druckplatten mit angepaßter Beschichtung können mit mehr Wasser als normale Heatsetplatten bedeckt werden, wobei die Farbe tragenden Teile der Platte nicht befeuchtet werden.
- Eine genaue Einstellung der Wasserhärte und des pH-Wertes und die Überwachung der Wasserqualität ist die Vorraussetzung, um möglichst geringe IPA-Konzentrationen zu erreichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Beim Heatset-Offsetverfahren variieren die IPA-Konzentrationen typischerweise zwischen 8 - 15 %. Das bedeutet, für bestehende Rollendruckverfahren kann eine durchschnittliche Minderung von 26 % erreicht werden. Für neue und neu ausgelegte Rollenoffsetanlagen können es 65 % sein.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** IPA-Konzentrationen genau zu messen, ist schwierig. Automatische IPA-Messgeräte haben meist ein einfaches Design, das durch Temperatur und die Anwesenheit anderer Additive beeinflußt wird. Unter vergleichbaren Umständen werden jedoch vergleichbare Werte erzielt, sie können also zur Qualitätssicherung eingesetzt werden, wenn sie auch nicht immer die exakte IPA-Konzentration anzeigen. Man braucht keine ausgefeilten Messanlagen zu verwenden, um den IPA-Verbrauch auf ein Minimum zu reduzieren.

**Anwendbarkeit:** alle Heatset-Offsetdruckanlagen, die Isopropanol verwenden.

**Wirtschaftlichkeit:** Kosten eines kontinuierlichen IR-Messgerätes pro Druckmaschine in Finnland im Jahr 2002 70.000 bis 100.000 €.

**Gründe für die Einführung:** Auch wenn die VOC-Richtlinie keinen maximalen IPA-Gehalt beschreibt, begrenzt sie die diffusen Emissionen der Heatsetanlagen. Und um diese Begrenzung einzuhalten, müssen alle Anstrengungen unternommen werden, die IPA-Konzentration im Feuchtmittel zu vermindern. In Deutschland ist die IPA-Konzentration bei Heatset-Prozessen auf ein Maximum von 8 % begrenzt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999, 18, UBA Germany, 2003] [29, Netherland, 1996, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.1.3.3 Keramische, metallische und hydrophile Feuchtwalzen und Gegendruckwalzen

**Beschreibung:** Anwendung keramischer, Chrom-beschichteter oder hydrophiler Feuchtwalzen in Verbindung mit hydrophilen Gegendruckwalzen. Hydrophile Gegendruckwalzen sind aus Weichgummi hergestellt. Diese Walzen können einen besonders dünnen und zusammenhängenden Feuchtigkeitsfilm auf Gegendruckwalzen mit geringer IPA-Konzentration erzeugen.

Diese Walzen werden bei teilweiser Substitution von Isopropanol erfolgreich eingesetzt.

**Erreichte Umwelteffekte:** IPA-Konzentrationen können um 2 - 3 % in Abhängigkeit von der Ausgangskonzentration reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Weichgummiwalzen werden schneller beschädigt als Walzen aus Hartgummi und müssen öfter ersetzt werden, das führt zu mehr Abfall. Auch Keramikwalzen müssen häufiger ersetzt werden als Chrom-beschichtete Stahlwalzen.

**Betriebsdaten:** Ob keramische oder Chrom-beschichtete Gegendruckwalzen bessere Ergebnisse erzielen, hängt von der Art der Druckmaschine ab. Keramikwalzen erfordern höhere Wartungs- und Reinigungszeiten.

In einer Offsetanlage in Norwegen wurde IPA teilweise substituiert, der Anteil von IPA konnte von 15 % auf 4 % gesenkt werden. Das führte zu einer Minderung der IPA-Konzentration in der Luft über der Druckmaschine um 77 - 90 %.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird allgemein benutzt und wird in Druckanlagen, die IPA verwenden, angewandt. Keramische und Metallwalzen werden heutzutage weniger benutzt. Die verwendeten hydrophilen Walzen haben den gleichen Effekt und sind billiger.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten einer hydrophilen Gegendruckwalze sind vergleichbar mit denen für eine Hartgummiwalze und liegen zwischen 250 - 1000 € pro Stück. Sie müssen aber häufiger ersetzt werden. Keramikwalzen kosten 2500 - 3000 € pro Stück. Die Gesamtkosten des Ersatzes von keramischen Feuchtwalzen hängen von der Druckmaschinengröße ab. Keramische Walzen müssen auch öfter ersetzt werden als Chrom-beschichtete (bezogen auf geschätzte Kosten in 1997).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Norwegische Anlage.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.1.3.4 Exakte Justierung der Farbwalzen

**Beschreibung:** Eine perfekte Justierung der Farbwalzen zum Gegendruckzylinder gestattet eine geringere IPA-Konzentration. Geringe Fehljustierung kann Ursache für Risse im Wasserfilm sein. Der Zusatz von IPA macht das Feuchtmittel weniger empfindlich für dieses Phänomen.

**Erreichte Umwelteffekte**: Ermöglicht geringe IPA-Konzentrationen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Neue Druckmaschinen sind generell für eine exakte Justierung der Walzen ausgerüstet. Eine Nachrüstung ist nicht möglich.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlage:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [115, Intergraf, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.3.5 Verwenden eines Sprühsystems im Feuchtwerk

**Beschreibung:** Bei einem Sprüh-Befeuchtungssystem bewegen sich die Sprühdüsen oszillierend (hin- und her schwingend) während des Sprühvorganges, dadurch wird das Feuchtmittel mehr linear im Vergleich zu konventionellen Systemen, wie dem Walzensystem, aufgetragen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Sprühen anstelle des Auftrages durch Walzen erfordert geringere IPA-Konzentrationen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Dieses Technik erlaubt keine exakte Dosierung von sehr dünnen Wasserfilmen und ist deshalb nicht bei Heatset-Verfahren anwendbar.

Diese Technik wird beim Zeitungsdruck (coldset) verwendet, dabei wird mehr Wasser zur Entfernung von Papierstaub verwendet. Beim Zeitungsdruck werden geringe IPA-Konzentrationen erreicht oder auch kein IPA eingesetzt. Das ist nur möglich, weil sehr dünne Wasserfilme nicht notwendig sind. Eine hohe Bedeckung mit Druckfarbe tritt selten auf, das Papier kann den Überschuss einfach aufnehmen. Das ist nicht auf das Heatset-Offsetverfahren übertragbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EG-Lösemittelrichtlinie, Gesundheits- und Sicherheits- sowie wirtschaftliche Gründe (die Automatisierung von Druckvorgängen erfordert die Möglichkeit von sehr feinen Justierungen).

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004]

#### 2.4.1.3.6 Kühlen des Feuchtmittels

**Beschreibung:** Das Zirkulations- und Dosiersystem des IPA-haltigen Feuchtmittels wird zur Minderung der Verdampfung von Isopropanol auf 8 - 15 ºC gekühlt.

**Erreichte Umwelteffekte:** 2/3 des eingesetzten IPA verdampft bevor es an die Befeuchtungswalzen oder die Druckplatte gelangt. Wenn das Feuchtmittel die Druckplatte erreicht, beträgt die IPA-Konzentration nur noch 1 %. Das Kühlen der Lösung reduziert die Verdampfungsrate.
Die Konzentration an der Platte kann man wegen des sehr dünnen Farbfilmes nur schwer messen. Informationen zur verbleibenden IPA-Konzentration an der Platte sind umstritten beim Intergraf EWP. Die Erkenntnisse stammen aus Modellberechnungen aus den späten 1980er Jahren.

**Medienübergreifende Effekte:** Kühlen erfordert Energie.

**Betriebsdaten:** Die meisten Druckmaschinen sind standardmäßig mit einem Kühlsystem ausgestattet.

**Anwendbarkeit:** Allgemein bei Heatset-Offsetdruckanlagen eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Example plants:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.3.7 Kühlen der Feuchtwalzen und Druckzylinder

**Beschreibung:** Kühlen der Befeuchtungswalze und des Druckzylinders mindert die Temperatur und Verdampfung des verwendeten Feuchtmittels.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Kühltemperaturen sind z.B.:

- Befeuchtungswalze 28 - 29 $^{o}$C
- Plattenzylinder 28.5 - 32 $^{o}$C.

**Anwendbarkeit:** Nachrüstung allgemein nicht möglich.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:**. [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.3.8 IPA-Minderung im Feuchtwerk

**Beschreibung:** Entfernung des Feuchtmittels aus dem Feuchtwerk während eines Druckstopps, z.B. über Nacht oder am Wochenende. Automatische Systeme erhältlich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Gewisse Minderung an IPA-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Heutzutage wird die IPA-Lösung in den meisten Anlagen kontinuierlich im Kreislauf geführt, dabei wird eine höhere Menge als erforderlich in die Druckmaschine gepumpt. Der Überschuss wird in einen Vorratsbehälter geleitet, in dem IPA nachgefüllt wird. Diese Technik ist nicht sinnvoll bei Druckmaschinen, die 24 Stunden am Tag laufen, was generell der Fall bei Heatset-Anlagen ist, die den Schwellenwert des Anhang I (6.7) der IVU-Richtlinie überschreiten.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei Heatset-Offsetanlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.1.4 Filtern des Feuchtmittels

**Beschreibung:** Das Feuchtmittel wird kontinuierlich im Kreislauf geführt. Eine Filtereinheit kann die Standzeit des Feuchtmittels verlängern. Bei Verwendung von IPA-Substituten wird das Wasser schneller verunreinigt. Filtern während der Kreislaufführung mindert den Wasserverbrauch und den Anfall von Abwasser (der gefährlich sein kann).

**Erreichte Umwelteffekte:** Durch geringeren Wasserverbrauch fällt weniger Abwasser an.

**Medienübergreifende Effekte:** Filtern benötigt Energie.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei allen Heatset-Offsetdruckanlagen die mit geringen IPA-Konzentrationen arbeiten.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.1.5 Kontrolle der Wasserhärte des Feuchtmittels

**Beschreibung:** Feuchtmittel werden an zentraler Stelle vorbereitet, überwacht, gekühlt und gefiltert und dann an alle Druckmaschinen der Anlage geliefert. Die Wasserhärte ist regional unterschiedlich, das beeinflußt die Qualität des Feuchtmittels und den Emulsionsgrad der Druckfarbe. Die Behandlung des Rohwassers durch Entmineralisierung und Härteausgleich (Demineralisierung bis zu einem bestimmten Grad) erleichtert die Bestimmung der notwendigen Additivmenge und verbessert die Qualität des Feuchtmittels.
Die Behandlung kann durch Ionentauscher und/oder Umkehrosmose erfolgen. Der Kalziumgehalt des Rohwassers kann z.B. durch Umkehrosmose reduziert werden und die Härte auf den optimalen Bereich von 70 - 140 ppm $CaCO_3$ eingestellt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine präzise Dosierung von Additiven, einschließlich IPA, ist möglich; Kühlung und Filterung sind effizienter. Dies führt zu geringerem Energieverbrauch, weniger Abwasser und weniger Verlust von Rohstoffen durch geringere Fehldrucke. Wird IPA verwendet, führt die Maßnahme zu geringeren Emissionen von IPA in die Luft. Bei einer Zentralversorgung wird die IPA-Konzentration (oder die Konzentration jedes anderen Substitutes) jedoch auf die Konzentration derjenigen Druckmaschine eingestellt, die die höchste Konzentration benötigt.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Entmineralisierung von Wasser benötigt Energie und Chemikalien. Einsatz der Umkehrosmose erfordert Energie.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird in großen Heatset-Offsetanlagen verwendet, sie ist aber nicht erforderlich, wenn das Wasser eine passende konstante Zusammensetzung hat.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Installation dieser Technik ist nicht sehr teuer in neuen Anlagen oder in Anlagen, in denen einige neue Druckmaschinen installiert werden. Die Kosten einer Nachrüstung sind hoch.

**Gründe für die Einführung:** Ein automatisches System erlaubt eine besser Qualitätskontrolle sowie eine bessere Kontrolle des IPA-Verbrauchs.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [21, Nordic Council of Ministers, 1998, 76, TWG, 2004]

### 2.4.1.6 Wasserloses Offsetverfahren

**Beschreibung:** Das wasserlose Offsetverfahren ist eine Offsetdrucktechnik, die keine Feuchtwasser-/Öltrennung benötigt, um sicher zu stellen, dass die Druckfarbe nur die Bildgebenden Teile der Platte bedeckt. Das wird durch Spezialplatten und -druckfarben erreicht. Beim normalen Offsetverfahren ist die Platte in Bild-tragenden Bereichen hydrophob und in den anderen hydrophil. Das Feuchtwasser stellt sicher, dass die öligen Farben am nicht-Bildtragenden Bereich nicht anhaften. Beim wasserlosen Offsetverfahren haben die nicht-Bildtragenden Bereiche eine Beschichtung, die denselben Effekt erreicht. So wird kein Wasser benötigt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird kein Feuchtmittel benötigt, somit treten keine Emissionen aus dieser Quelle auf, insbesondere kein IPA. Es werden Rohstoffe gespart (Papier und Druckfarbe), diese Vorteile verschwinden, falls zusätzliche Reinigungen aufgrund der längeren Dauer des Heatsetdruckes notwendig sind.

**Medienübergreifende Effekte:** Da kein Feuchtmittel vorhanden ist, benötigt das wasserlose Offsetverfahren zusätzliche Möglichkeiten, die Hitze aus der Druckeinheit abzuführen, die zusätzliche Kühlung benötigt Energie. Es wird aber keine Energie für das Feuchtmittel benötigt.

Die Kontrolle der Druckfarbentemperatur wird standardmäßig beim wasserlosen Offsetdruck verwendet. Andere zusätzliche Temperaturkontrollsysteme können zur besseren Stabilisierung und Regelung der Temperatur beim wasserlosen Offsetdruck sinnvoll sein. Diese Regeleinrichtungen schließen einzelne Temperaturkontrollsysteme bei Farbwalzen, Gegendruckzylindern, Gummituchzylindern und Ölkühlungs- und/oder Lagerkühlung ein.

**Betriebsdaten:** Diese Technik hat deutliche Vorteile gegenüber dem 'normalen' Offset-verfahren. Die Druckqualität ist besser und das Einrichten der Anlage ist schneller. Der Prozess läuft reibungslos.

**Anwendbarkeit:** Die Technik ist allgemein für hochqualitative Vollfarbdruck und/oder Kurzläufe geeignet: sie ist typisch für den Bogendruck, auch wenn die Länge der Heatset-anlagen abnehmend ist. Die Technik wird in einer Heatsetanlage, die unter 'Beispielanlagen' aufgeführt ist, angewendet.

Zu Heatset-Druckmaschinen wurden folgende Fragen diskutiert:

- Der wasserlose Prozess bindet keinen Papierstaub, deshalb ist höherwertiges Papier und/oder mehr Reinigung erforderlich. Dagegen wird das Papier nicht befeuchtet, wie das sonst mehrfach beim Durchgang beim farbigen Offsetdruck vorkommt.
- Die Lebensdauer der wasserlosen Platten ist noch nicht gut. Es wird berichtet, dass maximal 100.000 bis 300.000 Rotationen möglich sind.
- Wasserlose Platten sind sensibler gegenüber Kratzern, z.B. bei Reinigungsvorgängen.
- Wasserlose Systeme haben eine kleinere Anzahl von Walzen, was die übertragene Druckfarbenmenge und die Feinjustierung an der Druckmaschine limitiert. Die Hersteller führen an, da kein Feuchtmittel übertragen wird, kann mehr Farbe transportiert werden. Bei einer neuen Druckmaschine wurden keine Farbzonenschrauben (ink keys) installiert.
- Die Anzahl der Druckfarben ist begrenzt, auch wenn das Spektrum nun größer sein mag.

**Wirtschaftlichkeit:** Druckmaschine, Platten und die Farben sind teurer als die beim 'normalen' Offsetverfahren verwendeten, aber es entstehen keine Kosten für Isopropanol, Wasser und Feuchtmittel. Die Einrichtzeit der Anlage ist kürzer, verbunden mit geringeren Kosten für Papier und Farbe. Längere Durchläufe benötigen möglicherweise mehr Druckplatten und Reinigungsvorgänge.

**Gründe für die Einführung:** Sehr hochqualitative Arbeitsergebnisse. Minderung des Chemikalienverbrauchs verbessert Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielanlagen:** Toppan printing, Hokuseisha, Seikousha, Aika, GAO, Kousolu offset, Sanesu (alle diese Anlagen stehen in Japan). In Europa gibt es viele Bogendruckmaschine, 25 Zeitungs-druckmaschinen und ungefähr 5 wasserlose Heatset-Druckmaschinen: Quebecor, UK; zwei in der Schweiz (eine hat eine Befeuchtungseinheit nachgerüstet in 2003) und zwei in Ungarn (beide wurden aus Deutschland dorthin verlagert).

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999, 35, Aminal, et al., 2002] [18, UBA Germany, 2003] [72, Hamann, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.1.7 Abgaserfassung und -behandlung

#### 2.4.1.7.1 Einhausung von Druckmaschinen oder Absaugung und Behandlung der Luft aus dem Drucksaal

**Beschreibung:** Heatset-Druckmaschinen werden manchmal aus Gründen der Temperaturkontrolle, der Verhinderung von Zugluft und der Lärmminderung eingehaust. IPA verdampft innerhalb der Einhausung. Die Luft aus der Einhausung wird durch den Trockner abgesaugt und zur Verbrennung geleitet, dadurch werden die meisten IPA-Emissionen zerstört.

In einigen Fällen, wenn die Druckmaschinen nicht eingehaust sind, wird die Luft aus dem Drucksaal abgesaugt, dadurch werden flüchtiges Isopropanol und hochflüchtige Reinigungsmittel entfernt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Das Behandeln der abgesaugten Luft mindert die Emissionen an IPA und hochflüchtigen Reinigungsmitteln. Eine Einhausung mindert Lärm.

**Medienübergreifende Effekte:** Absauganlagen erhöhen den Energieverbrauch und können das Lärmniveau erhöhen.
Aus Gesundheits- und Sicherheitsgründen muss die Konzentration von IPA und anderen Lösemitteln sicher unterhalb der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) gehalten werden. Das bedeutet, dass die Lösemittelkonzentration sicher unterhalb 1 g/m³ (MAK IPA: 650 mg/m³ (berichtet durch Niederlande, 2001), die meisten Reinigungsmittel haben weit niedrigere MAK-Werte). Bei diesen geringen VOC-Konzentrationen im Rohgas, kann die Verbrennung nicht autotherm laufen, wesentliche Mengen zusätzlicher Brennstoffe sind erforderlich. Kosten und Energieverbrauch zur Behandlung der Abgase aus den Druckmaschinen überwiegen nicht die Emissionsminderungen, die dadurch erreicht werden können (siehe Betriebsdaten unten).

**Betriebsdaten:** Abgasbehandlungsanlagen werden gewöhnlich nur für den Abgasstrom vom Trockner ausgelegt. Ein moderner Trockner hat eine Kapazität von bis zu 4000 - 7000 $m^3/h$; ältere bis zu 10000 $m^3/h$. Um also zusätzlich die Luft der Druckmaschinen abzusaugen, sind Kapazitäten von 50000 $m^3/h$ oder größer notwendig. Die thermische Behandlung muss vergrößert werden und da die Luft weniger Lösemittel enthält, ist Stützbrennstoff notwendig.

**Anwendbarkeit:** Farböle aus dem Heißtrockner verdampfen nicht bei Raumtemperatur. Sie verdampfen im Trockner und werden deshalb immer erfasst. Werden Reinigungsmittel mit geringem Dampfdruck verwendet, verdampfen diese auch im Trockner. Die Einhausung der Druckmaschinen mit oder ohne Behandlung der Abluft aus den Druckmaschinen hat keinen Effekt auf die Lösemittelemissionen und wird ausschließlich aus Sicherheits- und Arbeitsgesundheitsgründen gemacht.

Einhausung von Druckmaschinen und Ableiten der Abgase zur Abgasbehandlung ist allgemeine Praxis beim Illustrationstiefdruck (für weitere Details siehe Kapitel 2.4.3.3.3 u.a.). Es ist aber nicht anwendbar beim Heatset-Offsetverfahren, da die Kapazität der vorhandenen Abgasbehandlungsanlage nicht ausreichen mag oder es nicht effektiv ist, Luft mit sehr geringer VOC-Konzentration zu behandeln.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe medienübergreifende Effekte oben. Um die Größe einer Verbrennung von beispielsweise 5000 auf 50000 m³/h zu erhöhen, betragen die zusätzlichen Kosten rund 450.000 €. Der Stromverbrauch für den Hauptlüfter würde sich dementsprechend erhöhen und der Verbrauch an Brennstoff würde sich von vernachlässigbar zu bedeutend erhöhen, da der autotherme Betrieb nicht mehr möglich wäre.

**Gründe für die Einführung:** Einhausung von Druckmaschinen findet zur Lärmminderung und aus Gesundheits- und Sicherheitsgründen statt. Die Luft des Drucksaales wird immer aus Arbeitsplatzgesundheits- und Sicherheitsgründen abgesaugt.

**Beispielanlagen:** Eine Einhausung ist weitverbreitet. Eine Absaugung wird allgemein angewendet. Die Behandlung der Luft des Drucksaales ist nicht üblich.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.7.2 Absaugung und Behandlung der Abluft aus Trocknern

**Beschreibung:** Heißtrocknende Verfahren sind allgemein mit einer Vorrichtung zur Absaugung der Luft aus dem Trockner ausgerüstet, die normalerweise zu einer Abgasbehandlungsanlage geleitet wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduktion der VOC-Emissionen aus dem Trockner. Geruchsminderung.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Absaugung benötigt Energie.

**Betriebsdaten:** Siehe Kapitel 20.11.2.5.

**Anwendbarkeit:** wird allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Kapitel 20.11.2.5.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der Anforderungen der EU-Lösemittelrichtlinie. Geruchsminderung.

**Beispielanlagen:** wird allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.1.8 Reinigung

#### 2.4.1.8.1 Ersatz (Substitution) und Überwachung der bei der Reinigung verwendeten VOCs

**Beschreibung:** Die verwendete Einsatzmenge von VOCs bei Reinigungsarbeiten kann durch Kombination der folgenden Techniken reduziert werden:

- Sorgfältiger Umgang mit dem Reinigungsmittel, z.B. Schließen der Behälter nach Gebrauch
- Verwenden von höhersiedenden Lösemitteln (Kapitel 20.10.1.3) oder pflanzlichen Lösemitteln (Abschnitt 20.10.1.4) für alle Reinigungsaktivitäten
- Mindern des Ozonbildungspotenzials (OBP) in der Mischung der verwendeten Lösemittel siehe Kapitel 20.10.2.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die VOC-Menge für die Reinigung kann auf weniger als <5 % der Druckfarbenmenge oder des OBP reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Verwenden der o.g. Lösemittel kann bedeuten, dass mehr Lösemittel behandelt und/oder entsorgt werden muss, da weniger Lösemittel verdampft.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Pflanzliche Reinigungsmittel können nicht beim Heatsetdruck angewendet werden, da das Spülwasser die Papierbahn zum Reißen bringen kann.

Nur in Bogenoffsetmaschinen kann man pflanzliche Reinigungsmittel ohne Umstände einsetzen, beim Offsetdruck sind sie jedoch keine effizienten Lösemittel zur Reinigung der Gummituchzylinder und der Gummitücher. Derzeit erhältliche pflanzliche Lösemittel wirken auf die Gummitücher und –zylinder aufquellend, die Tücher passen nicht mehr. Man muss berücksichtigen, obwohl pflanzliche Lösemittel beachtliche Umweltvorteile besitzen, sind sie nur für einige Produktionsverfahren BVT.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung**: EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheit am Arbeitsplatz (Gefährdung durch Lösemitteldämpfe). Arbeitssicherheit (Verhindern von Explosionen im Trockner wenn die Papierbahn mit Reinigungsmittel den Trockner erreicht).

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.8.2 Automatische Hochdruckreinigung für Feuchtwalzen

**Beschreibung:** Feuchtwalzen können mit automatischer Hochdruckreinigun und Wasser gereinigt werden. Dies kann die traditionelle Technik unter Verwendung von niedrigsiedenden Lösemitteln ersetzen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine VOC-Emissionen, kein Lösemittelverbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhter Verbrauch an Energie und Wasser. Anfallendes Abwasser muss entsorgt oder behandelt werden. Der Geräuschpegel kann ansteigen.

**Betriebsdaten:** Das beste Ergebnis erzielt man, wenn vor der Reinigung die Druckfarbe so weit wie möglich abgekratzt wird.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar beim Offsetdruck mit Feuchtwalzen mit Moltonüberzug, diese sind jedoch in der EU-15 veraltet für das Heatsetverfahren. (Kommen selten bei Bogen-offsetdruck vor.)

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.1.8.3 Automatische Reinigungsanlagen für Druck- und Gummituchzylinder

**Beschreibung:** Druck- und Tuchzylinder in modernen großen Heatset-Offset-Druckmaschinen werden normalerweise automatisch gereinigt

In den meisten Anlagen wird das Reinigungsmittel gesammelt. Manche Maschinen verwenden Reinigungsvliese, die durch die Zylinder wie eine Papierbahn geführt werden. Das Reinigungs-mittel wird auf das Vlies gesprüht oder das Reinigungsvlies wird in das Reinigungsmittel getaucht, oder es werden Vliesstoffrollen verwendet, die bereits mit dem Reinigungsmittel imprägniert wurden. Maschinen, die Vliese zu Reinigungszwecken verwenden, benötigen zwar weniger Reinigungsmittel, müssen jedoch den Vliesstoff sorgfältig lagern und entsorgen, um unkontrollierte Emissionen zu vermeiden (nicht notwendig, wenn nicht-lösemittelhaltige Reinigungsmittel verwendet werden). Andere Maschinen sprühen das Reinigungsmittel auf die Papierbahn zur Reinigung des Zylinders.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine automatische Reinigung verbraucht einige 10% weniger Reinigungsmittel im Vergleich zur manuellen Reinigung. Es werden weniger Tücher verwendet und somit fällt weniger Abfall an.
Eine automatische Reinigung hat Vorteile für Gesundheit und Sicherheit. Die Gefährdung durch Dämpfe und Hautkontakt mit Reinigungsmitteln wird vermindert.

**Medienübergreifende Effekte:** Automatisierung erfordert Energie. Weniger Abfallauf-kommen, da weniger Putzlappen verwendet werden. Wenn keine Vliesrollen verwendet werden, kann der Anfall flüssiger Abfälle erhöht sein. Flüssige Abfälle können filtriert und das Lösemittel kann manchmal wiederverwendet werden.

**Betriebsdaten:** Manchmal werden die verunreinigten Reinigungsmittel vom Papier absorbiert und gemeinsam mit dem Papier entsorgt, das führt zu unkontrollierten Lösemittelemissionen bei nachgelagerten Prozessen. In einigen Betrieben wird das kontaminierte Papier in den Trockner gelegt, um die Lösemittelemissionen der Abgasbehandlungsanlage zuzuführen. Das ist nicht anwendbar bei Verwendung von hochsiedenden Lösemitteln oder von Lösemitteln, die ein geringes Ozonbildungspotential haben.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen. Derzeit ist die automatische Reinigung üblich.

**Wirtschaftlichkeit:** Für eine Druckmaschine betragen die Investitionen zwischen 60000 – 80000 €. Die Investitionskosten zur Nachrüstung sind für existierende Druckmaschinen viel höher als für neue (1999).

Die Betriebskosten sind geringer durch kürzere Reinigungszeiten, einen geringeren Verbrauch von Reinigungsmitteln und Verminderung von gefährlichen Abfällen. Bei großen Maschinen kann die Kostenminderung die Investition ausgleichen. Bei kleinen Druckmaschinen nimmt man aber an, dass die Umweltvorteile nicht die Investitionen rechtfertigen.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie und geringere Belastung der Arbeitnehmer mit Reinigungsmitteln

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [21, Nordic Council of Ministers, 1998, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] ).

### 2.4.2 Flexo- und Verpackungstiefdruck

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch beim Flexo- und beim Verpackungstiefdruck angewendet werden können. Tabelle 2.41 beschreibt die allgemein relevanten Techniken für den Flexo- und Verpackungstiefdruck. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Abschnitt beschrieben, wenn nicht spezifische Informationen für diese Industriebranche zur Verfügung gestellt wurden. Eine Beschreibung der Art der Informationen für jede dieser Techniken ist in Tabelle 20.1 angegeben.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagmentprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/ Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagment | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Lackierprozesse und anlagen | 20.7 |
| Trocknen | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Substanzen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubminderung | 20.14 |
| Geruchsminderung | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 2.41: Verweis auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

#### 2.4.2.1 Herkömmliche lösemittelbasierte Druckfarben

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.3.3.2.2.. Die am häufigsten genutzten Lösemittel sind Ethanol, Ethylacetat (Essigsäureethylester) oder Mischungen dieser beiden. Während Ethanol mehr beim Flexodruck eingesetzt wird, wird Ethylacetat mehr im Tiefdruck verwendet. Andere Lösemittel wie Isopropanol oder MEK (Methylethylketon) können auch als das Hauptlösemittel verwendet werden. Zusätzlich können viele andere Lösemittel in kleinen Mengen zur Einstellung enthalten sein, z.B. der Trocknungsgeschwindigkeit oder der Viskosität oder als Bestandteil der gekauften Druckfarbe. Vereinfachung und Standardisierung haben bis heute zu einer Verringerung der Anzahl der verschiedenen Lösemittel geführt. Mitte der 1990er Jahre fand man noch bis zu zwanzig verschiedene Lösemittel in Anlagen des Flexodrucks.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Über 90 % der verbrauchten Lösemittel können emittiert werden.

**Betriebsdaten:** Die exakte Zusammensetzung hängt auch von den Qualitätsanforderungen an das Verpackungsmaterial und von der Beständigkeit, die es haben muss, ab, z.B. der Säurebeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Wasser, Alkohol, als Sperrschicht gegen Gerüche oder Lichtundurchlässigkeit.

Allgemein wird eine Abgasbehandlung zur Entfernung der VOCs durchgeführt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [22, Vito, 1998] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.2 Ersatz herkömmlicher lösemittelbasierter Farben (Substitution)

##### 2.4.2.2.1 UV-härtende Druckfarben

**Beschreibung:** UV-härtende Druckfarben enthalten keine Lösemittel. Die Härtung wird durch UV-Strahlung erreicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bei Druckprozessen, die lösemittelbasierte Farben verwenden, können[5] erhebliche Minderungen an Lösemittelemissionen erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** In einigen Fällen kann der Energieverbrauch für UV-Lampen den Energieverbrauch üblicher Trockner übersteigen, obwohl für eine Anlage eine Gesamtenergieersparnis berichtet wurde. Die UV-Lampen enthalten Quecksilber und erfordern ein besonderes Abfallmanagement.
Die UV-Druckfarben enthalten reaktive Acrylate, Monomere und Oligomere, von denen einige allergieauslösend sein können.

**Betriebsdaten:** Das Drucken mit UV-härtenden Druckfarben erfordert beim Flexodruck ein ‘kiss printing’. UV-härtende Druckfarben haben viel stärkere Pigmente als andere Druckfarben. So muss der Anteil der übertragenen Druckfarbe viel geringer sein. Während beim ‘normalen’ Flexodruck das zu bedruckende Substrat stark gespannt sein muss zwischen dem Bildträger und dem Gegendruckzylinder, ist diese Spannung beim UV-Druck viel geringer. Es wird nur ein sehr geringer Druck gebraucht. Das ist auch der Grund, warum eine Nachrüstung bei den meisten vorhandenen Flexodruckmaschinen nicht möglich ist.

[5] Anmerkung der Übersetzerin: durch Substitution

Im Fall eines Bahnenabrisses beim Flexodruck durchläuft das Ende der Bahn die Druckmaschine vorbei an einigen Druckfarbenbehältern und transportiert Farbe von einem Behälter zum nächsten. Vor dem Neustart der Druckmaschine muss deshalb gereinigt werden. Beim 'normalen' Flexodruck ist das aufwendig, beim UV-Flexodruck ist das fast unmöglich wegen der starken Pigmentierung und weil die Druckfarbe praktisch nicht trocknet. Beim UV-Flexodruck muss deshalb die Bauart der Druckmaschine so sein, dass bei einem Bahnenabriss die Bahn sofort stoppt, bevor das Ende der Bahn durch die Farbbehälter laufen kann.
Das wesentliche Problem ist die schwierige Reinigung der Druckmaschine bei Verwendung von UV-härtenden Druckarben. Die starke Pigmentierung und die Tatsache, dass UV-Druckfarben nur auf dem Substrat[6] trocknen, bedeutet, dass kleinste Mengen an Verunreinigungen zu erheblichen Qualitätsproblemen führen können. Da die Druckfarben nicht leicht mit einem Lösemittel gelöst werden können, ist eine Reinigung sehr arbeitsintensiv. Die Probleme sind dort am größten, wo zwischen zwei Aufträgen die Farben gewechselt werden müssen. Das ist normalerweise beim Bedrucken von Verpackungsmaterialien der Fall.

In einer niederländischen Anlage (siehe Beispielanlagen) führte die Reinigung zwischen Aufträgen zu untragbaren Zeitverzögerungen und verursachte unakzeptable Qualitätsprobleme. Um die Reinigungsvorgänge zu begrenzen wurde ein patentiertes System entwickelt, das die Anzahl der Farbwechsel drastisch vermindert. Sieben Standardfarben werden verwendet, um die erforderlichen Druckfarben zu formulieren. Das bedeutet, dass sieben von acht Druckeinheiten zwischen den Auftragswechseln nicht gereinigt werden müssen. Die achte Druckeinheit wird verwendet, um eine weitere Farbe hinzuzufügen, falls erforderlich. Bei jedem Wechsel vom 'normalen' zur UV-Flexodruck müssen alle Bildträger ersetzt werden. (Bei Zeitschriften werden Farbbilder aus 4 Standardfarben aufgebaut. Dieses System kann aber nicht jede Farbe und Helligkeit wiedergeben, wie beim Verpackungsdruck erforderlich.)

**Anwendbarkeit:** UV-härtende Farben können beim Bedrucken von Papierverpackungen, Etiketten und Kartonverpackungen von Milchprodukten verwendet werden. Hersteller von Lebensmittelverpackungen sind jedoch zurückhaltend bei der Verwendung UV-härtender Druckfarben, da geringe Mengen von einigen Bestandteilen dieser Farben in die verpackten Lebensmittel diffundieren könnten und zur Nichteinhaltung von Vorschriften zur Lebensmittelverpackung führen würde.
Die meisten Papiere könnten mit UV-Druckfarben bedruckt werden. Die Einschränkung liegt dabei nicht beim Bedruckstoff sondern in den bestehenden Anlagen. Zurzeit wird der UV-Flexodruck angewendet bei:

- Selbstklebenden Etiketten (unterliegt nicht dem IVU-Geltunsbereich)
- Getränkekartons.

In beiden Fällen werden Druckmaschinen benutzt, die speziell für diese Anwendung gebaut wurden: Etiketten auf schmalen Bahnen (bis ca. 25 cm) und Getränkekartons auf Druckmaschinen mit einer Breite von 100 bis 150 cm.

UV-härtende Druckfarben können auch auf großen Flexodruckmaschinen verwendet werden, dazu wurden jedoch keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Im Falle der Getränkekartons sind die Anlagen erheblich teurer als 'normale' Flexodruck-Druckmaschinen. Es kann aber eine bessere Qualität erreicht werden, die den Bedürfnissen des Marktes gerecht wird.
Wenn andererseits erhöhte Qualitätsanforderungen dazu führen würden, vom Flexodruck zum Tiefdruck zu wechseln, kann die Kombination aus Bahnenlänge, Kundenforderungen nach einem regelmäßigen Wechsel der Druckbilder und speziellen Materialien der Kartons den UV-härtenden Flexodruck zu einer geeigneten Technik machen

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz. Wirtschaftliche Gründe bei Nachfrage nach höherer Qualität und kürzeren Läufen und wenn die hohen Kosten für die Druckfirmen des Verpackungstiefdrucks vermieden werden sollen.

[6] Anmerkung der Übersetzerin: Ergämzung: durch UV-Bestrahlung

**Beispielanlagen:** Thomas Grafische Veredelung GmbH & Co, KG, Deutschland. Elopak (Terneuzen, Niederlande).

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002, 76, TWG, 2004] [18, UBA Germany, 2003] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.2.2 Elektronenstrahl (ES)-härtende Druckfarben

**Beschreibung:** ES-härtende Druckfarben bestehen aus Monomeren, die bei Elektronenbestrahlung aus einer Vakuumröhre reagieren. Diese Druckfarben enthalten keine Lösemittel und härten erst aus, wenn sie Licht ausgesetzt sind. Deshalb können sie über lange Zeit in Farbwerken und -behältern verbleiben und es verringert sich die Notwendigkeit der Reinigung. Die Elektronen initiieren die Reaktion, es bilden sich Polymere und die Druckfarbe härtet aus.
Elektronenstrahltrockner führen zur Polymerisation und lösen die Trocknung von Flüssigkeiten oder Pulverbeschichtungen durch Elektronenbeschuss aus.

**Erreichte Umwelteffekte:** VOC-Emissionen aus der Druckfarbe werden auf Null reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Probleme bei ES-härtenden Druckfarben können Papierschädigungen und Strahlenbelastung der Arbeiter sein. Die ES-Druckfarben werden manchmal für hochglänzende Beschichtungen und dekorative Metallapplikationen verwendet.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar auf neuen Druckmaschinen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Trockner haben hohe Einführungskosten, sind aber niedrig oder moderat in den Betriebskosten.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Arbeits- und Gesundheitsschutz.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [53, US EPA et al., 2003, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.2.2.3 Wasserbasierte Druckfarben

**Beschreibung:** Wasserbasierte Druckfarben enthalten geringere Anteile organischer Lösemittel. Konventionelle wasserbasierte Druckfarben sind auf relativ hohe Anteile an sauren Harzen zur Wasserdispergierbarkeit angewiesen. Jüngst entwickelte Druckfarben basieren auf wasserdispergierbaren Polyesterharzen (letztere benötigen kein Neutralisierungsmittel wie Ammoniak oder Amine, um das Dispersionsvermögen aufrecht zu erhalten, und damit die Anforderungen an den Flexodruck zu erfüllen.)

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Flexo- und Verpackungsdruck enthalten gebrauchsfertige Druckfarben ungefähr 80% Lösemittel. Das sind immer Mischungen aus verschiedenen Lösemitteln, wie z.B. Ethanol oder Ethylacetat. Eine Substitution durch wasserbasierte Druckfarben kann zu einer erheblichen Reduktion der Lösemittelemissionen führen, insbesondere der diffusen Emissionen. Die meisten Verpackungs- oder Flexodruckanlagen sind aber mit einer Abgasbehandlungsanlage ausgestattet. Vor diesem Hintergrund ist die erreichbare Minderung der Lösemittelemissionen natürlich kleiner. Wo das Abgas effizient behandelt wird und übermäßige diffuse Emissionen verhindert werden, wird nur ein kleiner Vorteil durch den Wechsel zu wasserbasierten Druckfarben erreicht.

Das Reinigen von wasserbasierten Druckfarben kann mit Wasser erfolgen, solange die Farbe oder der Lack noch nicht trocken sind.

Wasserbasierte Druckfarben können mehr Energie zur Trocknung erfordern, der Gesamtenergieverbrauch der Anlage wird aber geringer sein, da keine Abgasbehandlungsanlage erforderlich ist (siehe Abschnitt 2.3.3.2.5 und Annex 14 des ECM BREF).

**Medienübergreifende Effekte:** Die im Flexo- und Verpackungsdruck verwendeten wasserbasierten Druckfarben enthalten immer noch Ethanol, Isopropanol und/oder Propanol.

Der Energieaufwand zum Trocknen wasserbasierter Druckfarben ist höher als bei lösemittelbasierten. Das Fehlen von Lösemittel macht es aber möglich, die Trocknerluft öfter zu rezirkulieren und somit den Aufwand zu mindern. In der Praxis beträgt der höhere Energieaufwand ca. 10 %.

Es wird mehr Abfallfarbe erzeugt.

**Betriebsdaten:** Beim Flexodruck können mit wasserbasierten Druckfarben mehr Papierverpackungen erfolgreich bedruckt werden. Einfache Kunststoffverpackungen wie Einkaufstüten, Müllbeutel, Brottüten oder hochfeste Kunststofftüten können ebenfalls erfolgreich mittels Flexodruck mit wasserbasierten Druckfarben bedruckt werden. Bei Verwendung von keramischen Anilox-Walzen ist die Druckqualität verbessert.

Bei flexiblen Lebensmittelverpackungen kann auf Grund der Art der verpackten Lebensmittel eine Lösemittel-, Säurestabilität oder Beständigkeit gegen Öl erforderlich sein. Derzeit können diese Anforderungen nur mit lösemittelbasierten Druckfarben befriedigend erfüllt werden. Hochwertige Produkte, die diese Anforderungen erfüllen, werden oft im Verpackungstiefdruck mit lösemittelbasierten Druckfarben gedruckt. Manchmal kann aber die am meisten verwendete weiße Farbe substituiert werden.

Der Wechsel von lösemittelbasierten zu wasserbasierten Druckfarben im Flexodruck oder Verpackungstiefdruck erfordert gewöhnlich eine aandere Vorbehandlung des Trägermaterials und immer neue Druckplatten und -Zylinder.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Farben (nicht Lacke) werden erfolgreich im Flexoverpackungsdruck zum Bedrucken von Papiertüten, Kunststoffmüllbeuteln und Tragetaschen verwendet. Bei diesen Prozessen werden aber immer noch konventionelle Farben für außergewöhnliche Anwendungen, wie Leuchteffekte, Gold- oder Silberfarben oder wenn ein besonders hoher Glanz erforderlich ist, angewendet.
Wo wasserbasierte Produkte (Druckfarben, Klarlacke usw.) auf vorhandenen Druckmaschinen verwendet werden, haben die Trockner oftmals eine zu geringe Kapazität. Das mindert die Anwendbarkeit bei vorhandenen Anlagen.
Wasserbasierte Farben werden derzeit nicht im Verpackungstiefdruck angewendet, da keine vergleichbare Qualität erreicht wird.

**Wirtschaftlichkeit:** Der Wechsel von lösemittelbasierten zu wasserbasierten Druckfarben erfordert erhebliche Umstellungskosten. Bei neuen Druckmaschinen, die wasserbasierte Druckfarben verwenden, sind die Investitionskosten vergleichbar mit Kosten für Druckmaschinen für lösemittelbasierte Druckarben. Im Falle der Nachrüstung ist mit erheblichen Investitionskosten zu rechnen, falls die Trocknerkapazitäten erhöht werden müssen.
Da wasserbasierte Farben mehr pigmentiert sind, werden davon weniger benötigt und die Betriebskosten pro $m^2$ bedruckten Materials sind allgemein etwas niedriger als die Kosten bei lösemittelbasierten Farben.
Wenn beim Einsatz wasserbasierter Druckfarben eine hohe Druckgeschwindigkeit und -flexibilität erreicht werden kann und Kosten für Behandlungseinrichtungen oder andere mit Lösemitteln verbundene Kosten vermieden können, können erhebliche Einsparungen erzielt werden.

**Gründe für die Einführung:** Wenn sich Betreiber für Reduzierungspläne zur Erfüllung der EU-Lösemittelrichtlinie entscheiden, kann dies eine mögliche Option sein (siehe Wirtschaftlichkeit oben).

**Beispielanlagen:** Mehrere.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [35, Aminal, et al., 2002] [53, US EPA et al., 2003] [128, TWG, 2005]

### 2.4.2.3 Konventionelle lösemittelbasierte Lacke und Klebstoffe

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.3.3.2.2. Es werden lösemittelbasierte Systeme verwendet. Die häufigsten Lösemittel sind Ethanol, Ethylacetat und Methylethylketon (MEK).

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Hohe Lösemittelemissionen.

**Betriebsdaten:** Die genaue Zusammensetzung hängt vom Bedruckstoff ab. Gewöhnlich wird eine Abgasbehandlung angewendet.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [22, Vito, 1998] [128, TWG, 2005]

### 2.4.2.4 Ersatzstoffe für konventionelle Lacke und Klebstoffe

#### 2.4.2.4.1 Wasserbasierte Lacke und Klebstoffe

**Beschreibung:** Wasserbasierte Lacke und Klebstoffe sind generell lösemittelfrei.

**Erreichte Umwelteffekte:** Für das Drucken anwendungsfertige Lacke und Klebstoffe enthalten ungefähr 80 % Lösemittel. Das können Mischungen verschiedener Lösemittel sein, wie z.B. Ethanol, Ethylacetat und MEK oder ein einzelnes Lösemittel. Die Substitution mit wasserbasierten Produkten kann zu erheblichen Minderungen von Lösemittelemissionen führen, insbesondere der diffusen Emissionen. Die meisten Flexodruck- und Verpackungstiefdruckanlagen sind aber mit einer Abgasbehandlungsanlage ausgerüstet, und vor diesem Hintergrund sind die möglichen Lösemittelemissionsminderungen natürlich geringer. Wenn Abgase effizient verringert und diffuse Emissionen vermieden werden, wird nur ein kleiner Vorteil durch den Wechsel zu wasserbasierten Farben [7]erreicht.

Das Reinigen von wasserbasierten Lacken und Klebstoffen kann, sofern sie noch nicht getrocknet sind, mit Wasser erfolgen. Gewöhnlich werden jedoch Ethanol, IPA etc. für die Reinigung verwendet.

Wasserbasierte Lacke und Klebstoffe erfordern große Energiemengen zur Trocknung, der Gesamtenergiebedarf wird aber geringer sein, da keine Abgasbehandlung erforderlich ist (siehe wasserbasierte Druckfarben, Abschnitt 2.4.2.2.3).

Das gleiche gilt für den Abwasseranfall, dieser wird einerseits ansteigen, aber in Fällen, wo eine Abgasadsorption und lösemittelbasierte Systeme nicht mehr notwendig sind, wird die Abwassermenge insgesamt sinken.

[7] Im Original Farben (ink), die Überstzerin nimmt an, dass Lacke und Klebstoffe gemeint ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Energieverbrauch für die zunehmende Trocknung wasserbasierter Produkte ist etwas höher, und es wird mehr Abfall erzeugt. Die Energiemenge zur Trocknung wasserbasierter Druckfarben ist höher als für wasserbasierte Lacke und Klebstoffe. Das Fehlen von Lösemitteln ermöglicht aber, die Abluft aus dem Trockner öfter zu rezirkulieren, und den Anstieg des Energiebedarfs zu mindern. In der Praxis beträgt der erhöhte Energiekonsum für Trocknungsprozesse ca. 10 %.

**Betriebsdaten:** Es gibt eine große Anzahl unterschiedlicher Qualitätsanforderungen und Widerstände, dies[8] auf Verpackungen anzuwenden. Deshalb ist die Anwendbarkeit von Alternativen zu traditionellen lösemittelbasierten Druckfarben, Lacken und Klebstoffen niemals naheliegend. Beispielsweise muss ein Lack einen gewissen Widerstand gegen Rutschen haben, um sich an die speziellen Eigenschaften der Verpackungsmaschinen anzupassen, das kann nur durch lösemittelbasierte Lacke erreicht werden. Sie zeigen neben einem verzögerten Klebestart und geringerer Klebkraft auch eine geringere Chemikalienresistenz im Vergleich zu lösemittelbasierten Klebstoffen. Aus diesen Gründen können wasserbasierte Produkte nicht für alle Arten von Anwendungen verwendet werden.

Speziell beim Laminierprozess, wenn dünnes Papier mit Kunststoff oder Aluminium verbunden wird, sind wasserbasierte Produkte ungeeignet, da das Wasser durch das Papier verdampfen kann. Für das Laminieren von zwei nicht durchlässigen Schichten sind wasserbasierte Produkte weniger geeignet, da sie eine längere Trocknungszeit vor dem Zusammenfügen der beiden Schichten benötigen. Für solche Fälle werden lösemittelbasierte oder lösemittelfreie 2-Komponenten- Klebstoffe verwendet.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei allen Druck- und Laminierprozessen zur Herstellung flexibler Verpackungen. Wird allgemein in Flexodruck- und Verpackungstiefdruckanlagen angewendet. Können aber nicht lösemittelbasierte Lacke in allen Situationen ersetzen.

Wenn wasserbasierte Produkte (Farben, Lacke, etc.) auf bestehenden Anlagen angewendet werden sollen, haben die Trockner oftmals eine zu geringe Kapazität. Das mindert die Anwendbarkeit bei bestehenden Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Es konnten keine allgemeingültigen Aussagen zu Kosten gemacht werden.

**Gründe für die Einführung:** Arbeits- und Gesundheitsschutz. EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.4.2 High-Solids

**Beschreibung:** Traditionelle lösemittelhaltige Klebstoffe enthalten 80 % Lösemittel, dagegen enthalten Klebstoffe mit hohem Feststoffanteil ca. 60 % Lösemittel. Wenn Originalklebstoffe 4 kg Lösemittel pro kg Feststoff benötigen, brauchen die Highsolids nur 1,5 kg. In diesen Fällen wird eine Minderung des Lösemittelverbrauchs von mehr als 60 % erreicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der Lösemittelemissionen**.**

**Medienübergreifende Effekte:** Eine Abgasbehandlung kann trotzdem noch notwendig sein.

**Betriebsdaten:** High-Solids werden beim Laminierprozess für flexible Verpackungen verwendet. Sie werden im Hochleistungssektor für mechanisch, thermisch oder chemisch beanspruchte Verpackungen und bei der Produktion von Verbundmaterialien, wenn das Material innerhalb einer Laminieranlage gewechselt wird, angewendet.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

[8] Anm. der Übersetzerin: wasserbasierte Lacke und Klebstoffe

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU and IFARE, 2002, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.2.4.3 UV-härtende Alternativen

**Beschreibung:** Zum Laminieren verwendete UV-härtende Lacke und Klebstoffe enthalten keine Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wo bisher Lacke und Klebstoffe mit flüchtigen Lösemitteln benutzt wurden, können erhebliche Minderungen an Lösemittelemissionen erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** UV-Härtende Lacke und Klebstoffe benötigen Energie zur Trocknung in speziellen UV-Trocknern. Das ist wahrscheinlich aber nicht mehr als bei konventionellen lösemittelbasierten Systemen. Aber die Quecksilber-haltigen Lampen erfordern zusätzlich eine spezielle Abfallbehandlung.

UV-härtende Lacke und Klebstoffe enthalten reaktive Acrylate, Monomere oder Oligomere, von denen einige allergieauslösend sind.

**Betriebsdaten:** Im Bereich der flexiblen Verpackungen enthalten die laminierten Produkte außer den Drucken eine Reihe von verschiedenen Kunststoffschichten und Aluminiumfolie. Hier werden UV-Härtende Klebstoffe angewendet, aber nur für Standardverbundstoffe bis zu einem mittleren Qualitätsniveau.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in allen neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine allgemein gültigen Angaben zu den Kosten möglich.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.4.4 Lösemittelfreie Klebstoffe

**Beschreibung:** Lösemittelfreie Klebstoffe sind 2-Komponenten-Klebstoffe mit 100% Feststoffgehalt, sie enthalten oft Isocyanate.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen aus Klebstoffanwendungen sind auf Null reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Diese werden gewöhnlicherweise in der Flexodruck- und Verpackungs-tiefdruckbranche bei Laminierprozessen auf nichtporösen Untergründen wie Kunststoff oder Aluminium angewendet.

Ein generelles Problem bei diesen lösemittelfreien Systemen ist das Aufbringen von dünnen gleichmäßigen Klebeschichten. Bei lösemittelhaltigen Klebstoffen wird die Schichtdicke über die Viskosität kontrolliert, im Gegensatz dazu muss die Kontrolle über mechanische Walzen-prozesse erfolgen. Die Klebeschicht kann kleine Oberflächenunregelmäßigkeiten im Vergleich zu lösemittelhaltigen Klebstoffen aufweisen.

Viele komplexe Laminate können mit 2-Komponentensystemen hergestellt werden. Sie erfordern spezielle Anlagen.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Arbeits- und Gesundheitsschutz. Spezifische Produktanforderungen des Kunden.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 2.4.2.4.5 Coextrusion

**Beschreibung:** Bei der Coextrusion wird der Bedruckstoff mit einem warmen flüssigen Kunststofffilm überzogen, der danach gekühlt wird. Dieser Film ersetzt den notwendigen Lack oder wird zwischen zwei Schichten unterschiedlichen Trägermaterials benutzt und fungiert dort als Klebstoff.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen treten nicht auf.

**Medienübergreifende Effekte:** Coextrusion benötigt Energie.

**Betriebsdaten:** Angewendet bei flexiblen Verpackungen.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Arbeits- und Gesundheitsschutz. Spezifische Produktanforderungen des Kunden.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [128, TWG, 2005]

### 2.4.2.5 Abgasbehandlung

#### 2.4.2.5.1 Kapselung/Einhausung

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.11.2.1.

Beim Herstellen flexibler Verpackungen sind die Trockner immer eingehaust. Die Arbeit erfolgt bei Unterdruck, um zu verhindern, das lösemittelbeladene Abluft in den Drucksaal gelangt. Damit wird aber auch (oft bis zu 20 %) Luft aus dem Drucksaal angesaugt. Das Abgas wird über einen Kamin abgeleitet oder in die Abgasbehandlungsanlage geleitet.

Lösemittel verdampfen nicht nur im Trockner, sondern auch aus den Farbbehältern, bei der Viskositätseinstellung, aus Behältern usw.. Diese Lösemittel müssen aus Arbeitsschutz- und Gesundheitsgründen lokal abgesaugt werden, damit die maximalen Arbeitplatzkonzentrationen (MAK-Werte) nicht überschritten werden.
Die lokal abgesaugten Gase werden normalerweise wegen der geringen Lösemittelkonzentration nicht zur Abgasbehandlungseinheit geleitet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Siehe Abschnitt 20.11.2.1. Einhausung oder Kapselung vermindern das abzusaugende Luftvolumen und damit die Größe des Absaugventilatoren und der gegebenenfalls verwendeten Abgasbehandlungsanlage.

Vermindern der Lösemittelemissionen. Lösemittelemissionen von Reinigungsmaschinen können mehrere Prozent des Gesamtlösemittelverbrauchs darstellen

**Medienübergreifende Effekte:** Die Sicherheit muss garantiert sein. Zu den Zeiten, wenn die Lösemittelkonzentration in der abgesaugten Luft aus der Waschanlage am höchsten ist, muss eine ausreichende Verdünnung mit Abgas von Produktionsmaschinen erfolgen oder muss eine Explosion anderweitig verhindert werden.

**Betriebsdaten:** Automatische Reinigungseinrichtungen müssen vor dem Leeren belüftet werden. Während einiger Minuten ist ein relativ kleiner Luftstrom (einige Tausend m³/h) sehr stark mit Lösemitteldämpfen beladen.

**Anwendbarkeit:** Trockner sind immer geschlossen. Es wird immer mehr das Einhausen von Farbbehältern, Viskositätsreglern, Behältern usw. zur Erfüllung der EU-Lösemittelrichtlinie angewendet. Ein Nachrüsten ist nicht möglich (die Anlagenüberwachung muss vollständig automatisch erfolgen).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Arbeits- und Gesundheitsschutz.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.5.2 Absaugung und Behandlung von Abluft von Druckmaschinen und aus anderen Produktionsbereichen

**Beschreibung:** Aus Druckmaschinen entweichende Lösemittel, wie z.B. aus Behältern für Farbe, Lacke und Klebstoffe, aus automatischen Waschanlagen (siehe Abschnitt 2.4.2.6.2) und denen, die nicht vom Trockner aufgenommen werden, werden lokal abgesaugt und anschließend behandelt.

Folgendes kann angewendet werden:

- Einhausung, aus Laminier- und Lackiermaschinen wird die Abluft eher von der Trockner-absaugung abgezogen als von einer örtlichen Absaugung
- Ableiten der lokal abgesaugten Luft von den Produktionsmaschinen zur Abgasbehandlung
- Sicherstellen, dass diffuse Emissionen von Farbbehältern erfasst und behandelt werden. Das mindert die Notwendigkeit lokaler Absaugung offener Bereiche
- Installation und Verwenden von Kammerrakeln (siehe Abschnitt 2.2.3.2)
- Ableiten der Abluft aus der Waschanlage zur Behandlung (siehe Abschnitt 20.9.10).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der VOC-Emissionen. Sicherstellen der Erfassung und Behandlung von diffusen Emissionen aus Farbbehältern und Waschanlagen.

Automatische Waschanlagen müssen vor dem Entladen belüftet werden (siehe Abschnitt 2.4.2.6.2). Diese Belüftungsluft wird oftmals nicht zur Abgasbehandlungsanlage geleitet.

**Medienübergreifende Effekte:** Absaugung erfordert Energie, aber diese lokale Absaugung ist erforderlich, um hohe Arbeitsplatzkonzentrationen zu vermeiden. Die Frage besteht darin, ob die abgesaugte Abluft zur Abgasbehandlungsanlage oder nicht dorthin geleitet wird (normalerweise ist das eine Nachverbrennungsanlage). Wenn aber die Nachverbrennungsanlage vergrößert werden muss, muss auch der Hauptventilator der Nachverbrennungsanlage vergrößert werden. Das würde die notwendige Energie erheblich erhöhen. Der größere Luftvolumenstrom mit geringer Lösemittelbeladung benötigt einen höheren Anteil an Stützfeuerung bei der Verbrennung.

**Betriebsdaten:** Abgesehen von der abgesaugten Abluft aus dem Trockner sind moderne Verpackungstiefdruckmaschinen mit Bodenabsaugung und/oder Absaugung aus den Farbbehältern mit Anschluss an eine Abgasbehandlungsanlage ausgerüstet. Diese Absaugluft kann ungefähr 1 g Lösemittel/$m^3$ enthalten, das hängt aber von anderen Maßnahmen zur Minderung diffuser Emissionen ab und kann niedriger sein. Diese zusätzlichen Absauganlagen werden zwischen die Druckanlagen platziert. Bei Flexodruck-Druckmaschinen, die mit einem zentralen Druckzylinder (siehe Bild 2.2)ausgerüstet sind, ist der vorhandene Raum zwischen den Druckeinheiten für die Installation eines Absaugsystems zu gering.

Moderne einzeln stehende Lackier- und Laminieranlagen sind dafür gewöhnlich ausgerüstet.

**Anwendbarkeit:** Nicht anwendbar bei bestehenden Flexodruckmaschinen mit zentralem Druckzylinder. Eingebaut bei neuen einzeln stehenden Lackier- und Laminieranlagen.

Das Entlüften von automatischen Waschanlagen wird gewöhnlich da gemacht, wo kürzlich eine Nachverbrennungsanlage installiert wurde. Generell nicht anwendbar, wo Lösemittel zur Wiederverwendung gesammelt werden, die gesammelten Lösemittel werden zur Reinigung verwendet, aber nicht in Farben, Lacke oder Klebstoffen wiederverwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Hängt im Wesentlichen von der Kapazität der Abgasbehandlungsanlage ab. Beim Verpackungstiefdruck betragen die Kosten der Nachrüstung 100.000 €.

Wo die lokal abgesaugte Abluft immer zur Nachverbrennungsanlage geschickt wird, benötigt diese ungefähr eine 20% höhere Kapazität. Eine neue Nachverbrennungsanlage wäre deshalb um 150.000 bis 300.000 € teurer, wenn man annimmt, dass die Ausgangskapazität 75.000 bis 150.000 m³/h betragen hätte. Die Nachrüstung einer Verbrennungsanlage zur Vergrößerung der Kapazität um 20 % ist oftmals technisch nicht möglich oder viel teurer (2004).

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.2.5.3 Bypass für kurzzeitig erhöhte Abgasmengen und Vergleichmäßigung: Ablufterfassung und -behandlung aus den Druckmaschinen und Produktionsbereichen

Siehe Abschnitt 20.11.2.4.

#### 2.4.2.5.4 Instandhaltung von Abgasbehandlungsanlage, Bypässen, Abgaserfassungssystemen usw.

**Beschreibung:** Sicherstellung geplanter Instandhaltungen und Beschleunigung von notwendigen Reparaturen, siehe Abschnitt 20.2.6.

**Erreichte Umwelteffekte:** Beschädigungen der Nachverbrennungsanlage führen zu steigenden VOC-Emissionen bis zu 0,4 % des jährlichen Input pro Tag (bei einer Annahme von 250 Werktagen).

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** In sieben dänischen IVU-Anlagen für Flexoverpackungsdruck beträgt die Abschaltzeit der Nachverbrennungsanlagen zwischen 1 und 14 Arbeitstagen. Der Durchschnitt war fast 7,5 Tage, z.B. 3 bis 8 % der jährlichen Gesamtlaufzeit. Diese Daten sind aus 2004.

**Anwendbarkeit:** Alle Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 2.4.2.5.5 Automatische und rechtzeitige Schließung eines Bypasssystems

**Beschreibung:** Abgas aus den Trocknern sollte automatisch zur Verbrennungseinheit geleitet werden bis die endgültige Druckgeschwindigkeit erreicht wird (30 bis 60 m/min).

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine 5 bis 15 % Minderung von Emissionen kann erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.2.6 Reinigung

#### 2.4.2.6.1 Ersatz von VOCs durch weniger flüchtige Lösemittel zur Reinigung von Böden (Substitution)

**Beschreibung:** Siehe Kapitel 20.9.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine VOC-Emissionsreduzierung von 1 – 2 % kann erreicht werden gegenüber der Situation, wenn der Boden mit leichtflüchtigen Lösemitteln aus Eimern gewischt wird. Da, wo aber vorbeugende Maßnahmen schon ergriffen wurden, wie die Minderung der Verschmutzung der Böden und Kontrolle der Lösemittelanwendung, ist die Minderung der Emissionen geringer

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005].

#### 2.4.2.6.2 Reinigung von Maschinen und Ausrüstungsteilen in automatischen Reinigungs-/Waschmaschinen

Siehe Abschnitt 20.9.10

#### 2.4.2.6.3 Reinigen von Maschinen mit Hochdruckwasserstrahl

Siehe Abschnitt 20.9.12

### 2.4.3 Illustrationstiefdruck

Die in Kapitel 20 diskutierten Verfahren können auch beim Illustrationstiefdruck Angewendung finden. Tabelle 2.42 beschreibt die allgemein relevanten Techniken für den Illustrationstiefdruck. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen für diesen Sektor zur Verfügung gestellt wurden. Eine Beschreibung der Art der zu berücksichtigenden Informationen für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagmentprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/ Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagment | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Lackierprozesse und anlagen | 20.7 |
| Trocknen | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Substanzen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubminderung | 20.14 |
| Geruchsminderung | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 2.42: Verweise auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

#### 2.4.3.1 Konventionelle lösemittelbasierte Druckfarben

**Beschreibung:** Konventionelle Druckfarben im Illustrationstiefdruck enthalten Toluol. In der Druckanlage werden die Druckfarben vor der Verwendung erheblich verdünnt. Die Toluol-Konzentration der gebrauchsfertigen Druckfarben liegt zwischen 70 - 80 Gewichts-%.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei hoher Druckgeschwindigkeit ist eine Lösemittelrückgewinnung möglich.

**Gründe für die Einführung:** Bei den meisten stabil laufenden Prozessen. Am einfachsten beim De-Inking von bedrucktem Papier fürs Recycling[9].

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.3.2 Ersatzstoffe für herkömmliche lösemittelbasierte Druckfarben

##### 2.4.3.2.1 Wasserbasierte Druckfarben

**Beschreibung:** Wasserbasierte Druckfarben enthalten nur einige organische Lösemittel. Konventionelle wasserbasierte Druckfarben benötigen relativ hoch-säurehaltige Harze zur Wasserdispergierbarkeit. Jüngst entwickelte Druckfarben basieren auf wasserdispergierten Polyesterharzen. Letztere benötigen keine Neutralisierungsmittel wie Ammoniak oder Amine, um das Dispersionsvermögen aufrecht zu erhalten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die derzeitig verwendeten Druckfarben basieren auf Toluol und es können theoretisch große Minderungen im Verbrauch von Toluol erreicht werden. Alle Illustrationsdruckanlagen sind mit Abgasbehandlungsanlagen ausgerüstet und Toluolemissionen werden schon in bedeutendem Umfang reduziert. Eine Ökobilanzstudie aus Deutschland hat keinen klaren Hinweis darauf gegeben, dass wasserbasierte Tiefdruckfarben als sauberere technologische Lösung für bestehende Anlagen angesehen werden können- eher umgekehrt.

Das Abreinigen von wasserbasierten Farben kann mit Wasser erfolgen. Wenn die Farben oder Lacke aber getrocknet sind, müssen Lösemittel verwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Energieverbrauch für eine beschleunigte Trocknung wasserbasierter Farben ist höher und es wird mehr Abfall erzeugt.

Es ist schwierig Papiererzeugnisse und -abfälle in normalen Deinkinganlagen zu deinken. Dies hemmt das Recycling von Produkten.

**Betriebsdaten:** Die Druckqualität von wasserbasierte Farben ist geringer als bei konventionellen Farben.

**Anwendbarkeit:** Sie werden wegen praktischer Probleme nicht beim Illustrationstiefdruck angewendet.

[9] Kommentar der Übersetzerin: Hier scheint der Autor die Kategorie "Anwendbarkeit" gemeint zu haben.

**Wirtschaftlichkeit:** Beim Wechsel von lösemittelbasierten zu wasserbasierten Farben ist mit hohen Kosten zu rechnen. Bei neuen Anlagen oder Druckmaschinen sind die Investitionskosten zur Anwendung wasserbasierter Farben mehr oder weniger vergleichbar mit denen für lösemittelbasierte Farben.

Die Kosten der Nachrüstung einer Illustrationstiefdruckmaschine betragen 1 Million €. Zu Beginn sind die Betriebskosten wegen einer Lernphase 20 % höher als für eine konventionelle Druckmaschine, schließlich werden sie aber mehr oder weniger vergleichbar sein.

Zusätzlich ist aber die Produktivität wegen geringerer Druckmaschinengeschwindigkeit und Druckproblemen durch größere Bahnenbreite nur 70 % der normalen Produktivität.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** RotoSmeets, Deventer, Niederlande, ist einer von mehreren Tiefdruckbetrieben, der mit wasserbasierten Farben experimentierte, ohne akzeptable Ergebnisse zu erzielen.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [4, Intergraf and EGF, 1999] [11, IMPEL, 2000] [35, Aminal, et al., 2002] [53, US EPA et al., 2003, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.2.2 Verwenden von Retentionsdruckfarben

**Beschreibung:** Retentionsfarben haben eine modifizierte Zusammensetzung, die die Filmbildung verlangsamt und die Verdampfung von Toluol über einen längeren Zeitraum ermöglicht. Das führt zu einem höheren Toluolprozentsatz, der direkt bei der Farbtrocknung ausgetrieben und gefaßt werden kann. Es verbleibt weniger Toluol im Produkt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die im Produkt verbleibende Toluolmenge, direkt am Ausgang der Druckmaschine gemessen, kann um 30 – 50 % reduziert werden.
Diffuse Emissionen können um ca. 1 % der Gesamteinsatzmenge vermindert werden. Das stimmt mit einer 20 %-igen Reduktion der Gesamtemissionen einer Tiefdruckanlage mit 'guter Praxis' überein, (bei der die Gesamtemissionen 5 bis 6 % der Gesamteinsatzmenge ausmachen, einschließlich der aus der Abgasbehandlung; die Einsatzmenge wird wie in der EU-Lösemittelrichtlinie definiert) [18, UBA Germany, 2003].

Diese Leistungen können nur erreicht werden, wo das Abgas aus den Trocknern erfasst und behandelt wird.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird berichtet, dass mehr Energie bei der Adsorption erforderlich ist, um die höhere Beladung des im Trockner freigesetzten Toluols zu desorbieren.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei allen Illustrationstiefdruckverfahren, außer wenn Spezialfarben erforderlich sind, für die es keine entsprechenden Retentionsdruckfarben gibt.

In der EU-15 sind 70 % der im Illustrationstiefdruck verwendeten Farben Retentionsdruckfarben, in Deutschland sind es 100 %.

**Wirtschaftlichkeit:** Der Preis der Retentionsdruckfarben ist mit dem konventioneller Druckfarben vergleichbar, aber es ist weniger Druckfarbe notwendig (auch wenn das keine Druckfarbenminderungstechnik ist).

Die Ersparnis für jedes zurückgewonnene Kilogramm Toluol ist ca. 0,50 €.

**Gründe für die Einführung:** Weniger Toluol im Endprodukt.

**Beispielanlagen:** Eine große Anzahl von Anlagen überall in Europa.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [35, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 2.4.3.3 Abgasbehandlung

#### 2.4.3.3.1 Erhöhung der Temperatur im Drucksaal

**Beschreibung:** Bei höherer Temperatur im Drucksaal verdampft mehr Toluol aus den Rückständen des bedruckten Produktes. Als Vorraussetzung dafür, dass die Technik effektiv ist, muss die Luft im Drucksaal abgesaugt werden und das Absaugsystem muss mit der Abgasbehandlungsanlage verbunden sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung diffuser Emissionen die aus dem bedruckten Produkt stammen. Auf diese Art können die berichteten diffusen Emissionen um ca. 1 % gemindert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Energiebedarf kann höher sein, wenn der Drucksaal beheizt werden muss.

**Betriebsdaten:** Bei Anwendung einer Massenbilanz eines virtuellen Tiefdruckbetriebes , wie in Abschnitt 2.3.4.3.1 mit einer Gesamtmenge an diffusen Emissionen von ungefähr 352 t , können ungefähr 3,5 t bei zusätzlicher Absaugung über der Papierbahn eingespart werden. Die Gesamtmenge der verbleibenden Lösemittel beträgt aber 43,3 t. Folglich mindert die höhere Temperatur im Drucksaal den Lösemittelgehalt im Produkt um vermutlich mehr als 8 %. Versuche in einer Rotationstiefdruckanlage in Norddeutschland, bei der die Trocknertemperatur von 40 auf 90 °C erhöht wurde, haben ergeben, dass eine Minderung in dieser Größenordnung nicht erreicht werden konnte.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Möglicherweise höhere Betriebskosten. Das kann mit der Einsparung von 0,50 € pro kg zurückgewonnenem Toluol verrechnet werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Nicht bekannt, ob in der EU-15 angewendet.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 2.4.3.3.2 Erhöhen der Trocknungszeit

**Beschreibung:** Erhöhen der Trocknungszeit bei Beibehaltung der Geschwindigkeit kann durch eine Verlängerung des Trockners erreicht werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bei einer verlängerten Verweilzeit besteht mehr Zeit, dass das Toluol innerhalb des Trockners emittiert wird, dessen Abgase zur Abgasbehandlung geleitet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Erhöhung der Trocknerkapazität führt zu einem höheren Energieverbrauch. Das Lärmniveau könnte erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Nur bei neuen Druckmaschinen anwendbar, Nachrüstung ist nicht möglich.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 € .

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.3 Diskontinuierliche Absaugung der Trockner

**Beschreibung:** Wenn die Druckmaschinen laufen, wird die Abluft aus dem Trockner abgesaugt und zur Abgasbehandlungsanlage geleitet (z.B. nur die Abluft aus dem Trockner und nur, wenn die Druckmaschine läuft). Die Druckmaschine ist nicht geschlossen/eingehaust und die Menge an abgesaugter Abluft um die Druckmaschine herum, die zum Trockner geleitet wird, ist relativ gering. Die Abluft aus dem Drucksaal wird nicht der Abgasbehandlung zugeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Höher der diffusen Emissionen liegt bei 15 bis 20 % des Toluoleinsatzes. Die Luft aus den Trocknern hat eine hohe Toluolbeladung, was die Adsorption von Toluol sehr effektiv macht. Da die Kapazität der Abgasbehandlungsanlage nur für den Abluftstrom, der aus dem Trockner kommt, ausgelegt ist, kann die Behandlungsanlage relativ klein sein und ein gutes Verhältnis zwischen VOC-Minderung und Energieverbrauch erreichen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es könnten hohe VOC-Emissionen rund um die Druckmaschine und im Drucksaal auftreten. Extra Belüftung aus Gesundheits- und Arbeitsschutzgründen könnte erforderlich werden. Die Lärmbelastung könnte zunehmen.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist veraltet und entspricht nicht den Erfordernissen Der EU-Lösemittelrichtlinie.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 € .

**Gründe für die Einführung:** Gesundheits- und Arbeitsplatzsicherheit.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999, 35, Aminal, et al., 2002, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.4 Kontinuierliche Absaugung der Trocknern

**Beschreibung:** Die Abluft aus den Trocknern wird abgesaugt und zur Abgasbehandlungsanlage geleitet, wie in Abschnitt 2.4.3.3.3 oben beschrieben. Zusätzlich dazu wird, wenn die Druckmaschine läuft, die Abluft aus dem Trockner erfasst und behandelt, wenn die Druckmaschine Druckfarbe enthält aber andererseits still steht. Die Druckmaschine ist nicht eingehaust und die Menge an abgesaugter Abluft um die Druckmaschine, die zum Trockner geleitet wird, ist klein. Es ist aber immer noch erheblich mehr Abluft als bei diskontinuierlicher Absaugung, wie in Abschnitt 2.4.3.3.3 beschrieben. Die Luft der Belüftung des Drucksaals wird nicht zur Abgasbehandlungsanlage geleitet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringere Toluolemissionen als im Abschnitt 2.4.3.3.3.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Lärmbelastung könnte zunehmen und ein höherer Energiebedarf für Absaugung und Rückgewinnung von Toluol kann erforderlich sein. Luft mit geringer Beladung an Toluol wird zur Abgasbehandlungsanlage geführt. Allgemein führt das zu einer geringeren Effizienz der Rückgewinnungsanlage.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 € . Betriebskosten können höher als die in Abschnitt 2.4.3.3.3 beschriebenen sein.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.5 Einhausung der Druckmaschinen und diskontinuierliche Ableitung der Abluft zur Abgasbehandlungsanlage

**Beschreibung:** Die Druckmaschine ist komplett eingehaust. Die Belüftungsluft innerhalb der Einhausung wird über die Trockner abgesaugt und diskontinuierlich zur Abgasbehandlungsanlage geleitet, z.B. nur wenn die Druckmaschine läuft (wie in Abschnitt 2.4.3.3.3 beschrieben). Normalerweise herrscht Unterdruck innerhalb der Einhausung, um zu verhindern, dass die Luft in den Drucksaal entweichen kann.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringere Toluolemissionen und geringerer Energieverbrauch zur Absaugung als in Abschnitt 2.4.3.3.4.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 € . Investitionskosten sind höher als die in Abschnitt 2.4.3.3.4 beschriebenen.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.6 Einhausung der Druckmaschine und kontinuierliche Ableitung der Abluft zur Abgasbehandlungsanlage

**Beschreibung:** Die Druckmaschine ist komplett eingehaust. Die Belüftungsluft innerhalb der Einhausung wird über die Trockner abgesaugt und kontinuierlich zur Abgasbehandlungsanlage geleitet, auch wenn die Druckmaschine zwar Druckerfarbe enthält aber ansonsten nicht arbeitet (wie z.B. in Abschnitt 2.4.3.3.4, aber die Belüftungsluft wird auch abgesaugt zur Rückgewinnung). Normalerweise besteht Unterdruck innerhalb der Einhausung, um zu verhindern, dass die Luft in den Drucksaal entweichen kann.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Toluolemissionen können auf 5 bis 8,5 % bezogen auf den Gesamteinsatz an Toluol gemindert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Abluft mit geringer Toluolkonzentration wird der Abgasbehandlung zugeführt. Allgemein führt das zu einer geringeren Effizienz der Rückgewinnungsanlage. Erhöhter Energieverbrauch im Vergleich zu Abschnitt 2.4.3.3.5.

**Betriebsdaten:** In den Niederlanden haben alle größeren Anlagen die Technik seit 1996 eingeführt.
**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei Installation der einer neuen Druckmaschine betragen die zusätzlichen Kosten für eine Einhausung und die kontinuierlicher Ableitung der lösemittelbeladenen Luft zur

Abgasbehandlung, die an den größeren Abluftstrom angepaßt ist, ungefähr 100.000 € pro Jahr und Druckmaschine.
Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 €.

Die Nachrüstung nicht-eingehauster Druckmaschinen in Kombination mit einer Abgasbehandlung mit kleiner Kapazität ist unerschwinglich teuer.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Zwei flämische Druckanlagen und alle bedeutenden dänischen Anlagen.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [29, Netherland, 1996, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.7 Diskontinuierliche Absaugung der Druckmaschinen, der Trockner und des Drucksaals

**Beschreibung:** Die abgesaugt Luft aus dem Drucksaal wird gemeinsam mit der Abluft aus den Trocknern und aus der eingehausten Druckmaschine in eine Abgasbehandlungsanlage geleitet. Die Luft wird aber nur abgesaugt, wenn die Druckmaschine läuft.

Es gibt Anlagen bei denen das Überwachungspersonal des Druckprozesses in einem separaten Kontrollraum untergebracht ist. In diesem Fall kann der separate Drucksaal, in dem sich die Maschinen befinden, als Einhausung der Druckmaschinen angesehen werden. Die Luft aus diesem Raum wird abgesaugt und zur Abgasbehandlungsanlage geleitet. Das kann ein ähnlicher Fall, wie in Abschnitt 2.4.3.3.5 beschrieben, sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringe Toluolemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhter Energieverbrauch für Absaugung und Toluolrückgewinnung.

**Betriebsdaten:** Alle Illustrationstiefdruckanlagen sind mit einer Abgasbehandlungsanlage ausgerüstet sind, jedoch kann die Kapazität der bestehenden Anlage nicht ausreichend sein, wenn der Abluftstrom aus dem Drucksaal behandelt werden soll.

**Anwendbarkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 €.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.8 Kontinuierliche Absaugung der Druckmaschinen, der Trockner und des Drucksaals

**Beschreibung:** Die Abluft aus den Trocknern und aus der eingehausten Druckmaschine wird kontinuierlich in die Abgasbehandlungsanlage geleitet. Zusätzlich wird auch die Luft aus dem Drucksaal abgesaugt und in die Rückgewinnungsanlage geleitet.

Es gibt Anlagen, bei denen das Überwachungspersonal des Druckprozesses in einem separaten Kontrollraum untergebracht ist. Der separate Drucksaal, in dem sich die Maschinen befinden, kann als Einhausung der Druckmaschinen angesehen werden. Die Luft aus diesem Raum wird abgesaugt und zur Abgasbehandlungsanlage geleitet. Dieser Fall kann ähnlich dem in Abschnitt 2.4.3.3.6 beschriebenen sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Gesamtemissionen können auf eine Höhe von rund 5 bis 8,5 % des Toluoleinsatzes gemindert werden.

Durch zusätzlichen Einsatz von Retentionsdruckfarben wird ein Emissionswert von 6,5 % des Toluoleinsatzes von zwei flämischen Druckereien erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:**

Alle Illustrationstiefdruckanlagen sind mit einer Abgasbehandlungsanlage ausgerüstet, jedoch kann die Kapazität der bestehenden Anlage nicht ausreichend sein, wenn auch der Abluftstrom aus dem Drucksaal behandelt werden soll.

Für die zwei flämischen Betriebe wird angenommen, dass der Im Verfahren erreichte Emissionswert von 6,5 % in einem ausgewogenen Gleichgewicht zur Verhinderung eines übermäßigen Energieverbrauchs steht.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird gewöhnlicherweise in neuen Anlagen angewendet. In den Niederlanden wenden seit 1996 alle großen Anlagen diese Technik an. Eine Nachrüstung kann unerschwinglich teuer sein, da meist ein kompletter Ersatz der Abgasbehandlungsanlage notwendig ist und eine neue Verrohrung installiert werden muss.

**Wirtschaftlichkeit:** Die zusätzlichen Investitionskosten im Vergleich zum Fall, wenn nur die Trockner mit der Abgasbehandlung verbunden werden, betragen ungefähr 0,5 Mio. € pro Druckmaschine. Zusätzliche Betriebskosten betragen rund 100.000 € pro Jahr und Druckmaschine.

Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 €.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Zwei Anlagen in Flandern, Belgien und alle großen dänischen Anlagen.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [29, Netherland, 1996, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.9 Geschlossener Umluftkreislauf

**Beschreibung:** Die Abluft aus der Abgasbehandlungsanlage wird zu den Trocknern oder in den Drucksaal zurück geführt. Dazu ist eine Abgasbehandlungsanlage mit viel größerer Kapazität als normalerweise notwendig. Die Frequenz des Absorptions-/Desorptionszyklus ist dabei sehr kurz, um ein sehr niedriges Toluolniveau im zurückgeführten Luftstrom zu erreichen. Bevor dieser Abluftstrom wieder in das Gebäude geleitet wird, muss er gekühlt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** In Abhängigkeit von der Größe der Druckmaschine können die Gesamtemissionen um 20 - 75 t/a reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Eine höhere Frequenz des Adsoprtions-/Desoptionszyklus führt zu mehr Abwasser und benötigt mehr Energie. Mehr Energie wird auch für die höhere Kapazität der Abgasbehandlungsanlage benötigt. Andererseits werden gewöhnlicherweise verschiedene Energiesparmaßnahmen oder Recyclingmaßnahmen angewendet.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei neuen Druckmaschinen in Kombination mit neuen Abgasbehandlungsanlagen. Die Technik ist auch bei bestehenden Anlagen anwendbar, wenn eine neue Abgasbehandlungsanlage installiert werden muss. Eine Nachrüstung bei bestehenden Abgasbehandlungsanlagen ist zu teuer.

Eine neue 3-Meter-Druckmaschine mit einer neuen Angasbehandlungsanlage in einem Werk in den Niederlanden wendet den geschlossenen Umluftkreislauf an und erreicht eine Toluolemissionsminderung von 75 t/a. Bei zwei flämischen Anlagen, deren Druckmaschinen kleiner und langsamer sind, wäre die erreichbare Emissionsminderung 20 t/a pro Druckmaschine. Diese Technik ist aber nicht in der Anlage installiert worden, da die Nachrüstkosten zu hoch sind.

**Wirtschaftlichkeit:** Für eine 3-Meter-Druckmaschine betragen die zusätzlich zu für die Abgasbehandlungsanlage anfallenden Kosten, 5 Millionen €. Die Betriebskosten sind vergleichbar, wenn Energiesparmaßnahmen durchgeführt werden. Die Kosten einer Tonne verhinderter Toluolemissionen betragen rund 10.000 €, bezugnehmend auf ein Darlehen über 10 Jahre bei einem Zinssatz von 7 % (1999).

Die Ersparnis pro Kilogramm zurückgewonnenem Toluol beträgt ungefähr 0,50 €.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Etten Leur, Niederlande.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003] [35, Aminal, et al., 2002] [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004]

#### 2.4.3.3.10 Luftrakel auf der Druckbahn

**Beschreibung:** Luftrakel verhindern, dass die Bahn lösemittelbeladene Luft aus dem Trockner herausträgt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diffuse Lösemittelemissionen werden vermindert.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Lärmniveau kann erhöht sein gemeinsam mit einer Erhöhung des Energieverbrauchs.

**Betriebsdaten:** Keine Informationen übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei Rollendruckprozessen, die Druckluftrocknungssysteme anwenden.

**Wirtschaftlichkeit:** Relativ geringe Kosten, erhöhte Energiekosten.

**Gründe für die Einführung:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielanlagen:** Diese Technik wird allgemein beim Illustrationstiefdruck angewendet.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999]

### 2.4.3.4 Reinigung

#### 2.4.3.4.1 Reinigen der Druckzylinder in der Druckmaschine

**Beschreibung:** Die Druckzylinder in Illustrationstiefdruckmaschinen werden automatisch in der Druckmaschine gereinigt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Informationen übermittelt.

**Betriebsdaten:** wird im Tiefdruck angewendet.

**Anwendbarkeit:** Nur bei neuen Druckmaschinen anwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Informationen übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Informationen übermittelt.

**Beispielanlagen:** Keine Informationen übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999]

# 3 MANUFACTURE OF WINDING WIRE

[12, UBA Germany, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 3.1 General information on the winding wire industry

The manufacturing of winding wires involves a unique type of surface treatment using solvents; basically involving the application of an electrical insulation layer (enamel) onto the surface of a copper wire, although in some cases the substrate may be aluminium wire. This insulation layer is applied for functional purposes rather than just for decoration or protection, with the enamel layer needing to provide high and prolonged dielectric strength throughout the whole lifetime of the wire on a coil core. The surface also needs a well defined lubricant layer covering to ensure good coiling performance and a smooth laying of the wire.

It should be noted that all information and emission values in all specific winding wire sections are given for copper winding wires, because of their predominant market share. In the case of aluminium wire manufacturing, all specific emission limits and achievable emission figures need to be adapted according to the smaller specific weight of the product using a conversion factor of 3.29 according to the ratio of the specific weights of copper and aluminium (8.9 and 2.7 g/cm$^3$ respectively).

Table 3.1 gives figures for the production of enamelled wires in Europe over the period 1970 to 2000 and the correlated use of organic solvents.

| Year | Production (t) | Consumption of organic solvents (t) | Specific consumption of organic solvents (t/t) |
|---|---|---|---|
| 1970 | 150000 | 11250 | 0.075 |
| 1990 | 286000 | 20020 | 0.070 |
| 2000 | 390000 | 25350 | 0.065 |

**Table 3.1: European production figures for enamelled wires and the correlated consumption of organic solvents from 1970 to 2000**
**[64, EWWG, 2004]**

According to ESIG, the total consumption of solvents in Europe is about 4.5 million t/yr. From Table 3.1, it can be seen that the share of the winding wire industry is 0.6 % of this.

The European winding wire industry comprises about 40 installations and nearly 4600 workers. A typical installation falling under IPPC has 50 to 250 employees; with most being family owned.

As electric and electronic products are manufactured and sold worldwide, the winding wires used in these products are manufactured according to international standards. Insulating materials are classified in the technical terms of delivery in the EN 60317 standard series. As a consequence, the wires are manufactured to the customer's specifications for their approved type of product, and the manufacturer is not free to select the type of coating. Winding wires can be produced in many hundreds of dimensions, but they are generally grouped as follows:

| Wire type | Above (mm) | Up to and including (mm) |
|---|---|---|
| Ultrafine wires | - | 0.040 |
| Fine wires | 0.040 | 0.10 |
| Medium wires | 0.10 | 1.0 |
| Thick wires | 1.0 | 6.0 |

**Table 3.2: Groupings of winding wire types**
**[64, EWWG, 2004]**

Additionally there are rectangular shaped winding wires from small size to big sizes of about 80 $mm^2$.

### 3.1.1 Product characteristics and end use applications

The enamelled wire is useful for its very thin, high specification insulating film, which allows close packed and energy efficient winding wires to be produced, which can operate at high temperatures. The insulation consists of one or more layer(s) of enamel or tape(s) or a combination of both. The choice of the insulation material results in typical electrical properties like breakdown voltage, loss factor, corona resistance, partial discharge behaviour. Thermal stability of the wire coating materials is characterised by a temperature index. Other specific requirements for insulating coating systems for wires are mechanical strength, chemical resistance, and overload current stability. Contemporary electrical insulating systems already meet these requirements within thin layers (see CEN Standard EN 60317 series for details). Electrical properties especially make winding wires a unique product not comparable with other products under the scope of this document.

The main use of winding wire is in magnetic wires in windings and coils. These are used in a wide range of applications such as miniature coils for medical devices, entertainment electronics (microphones, audio and video heads, etc.), ultrafine wires in watches, and as windings for electrical motors, relays and power transformers. In electrical equipment, the winding wires operate under voltage and conduct currents. The electrical insulation directly affects the functionality and also the safety of the equipment. The electrical properties of the insulation material and the application systems is an essential point to consider when discussing BAT.

During the last few years, many attempts have been made to introduce alternative insulating materials and application systems in order to reduce the use of solvents. Many of these have failed because of insufficient insulation properties, although there are some successful examples throughout the world, e.g. using creosol-free enamels, electrophoresis, powder coating on strips, UV curing coating, and extrusion coating. However, these have not yet been taken up as general standards.

## 3.2 Applied processes and techniques in winding wire manufacturing

[12, UBA Germany, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [76, TWG, 2004]

This is a small industry and in Europe there are only about three producers of the machines used to make winding wires. The same technology will therefore be found in nearly all installations. The manufacturing process for enamelled wires is generally linear: after the production of the bare copper wire by drawing or rolling, thermal cleaning or annealing of the bare wire is carried out, both of which are solvent-free processes. Enamel coating, drying and curing of the resin and then lubricant application are the following steps. Solvent use only occurs during enamel coating, and, depending on the specific process, lubricant application; drying and curing also gives rise to solvent emissions.

### 3.2.1 Typical manufacturing process for enamelled wires

A typical manufacturing process for enamelled wires is shown in Figure 3.1.

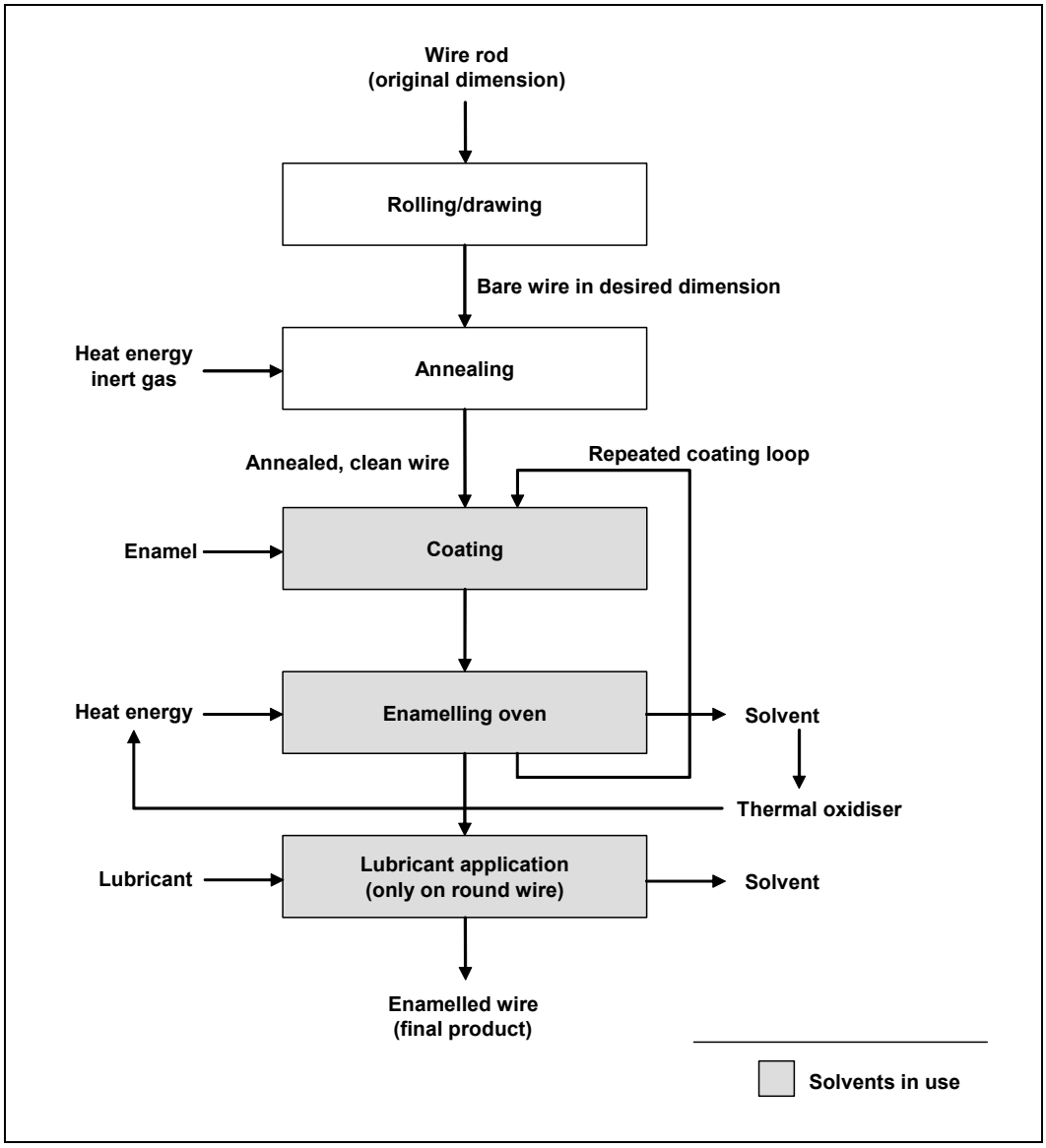


**Figure 3.1: Typical manufacturing process for enamelled wires**
**[64, EWWG, 2004]**

**Rolling and drawing**
These are deformation processes. Rolling is a continuous or stepwise forming process under compressive conditions. The material can be rolled at ambient or elevated temperatures. Wires for enamelled and other insulated winding wires are preferably manufactured by a drawing process. The wire is drawn through dies which reduce its size and extend its length. Fine wires require several drawing stages to reach the desired dimension. The drawing process applies tractive and pressure stress to the drawn material.

**Annealing**
The wire drawing process is followed by annealing where the wire passes through heated tubes (containing an inert atmosphere to prevent oxidation) and leading to recrystallisation and softening of the wire.

**Enamel coating**
The next process step is enamel application followed by the drying and curing of the enamel film. The coating is normally applied to the moving wire by passing the wire continuously through a bath of enamel and metering the amount by an accurately sized die or by controlled application through felt pads. Each layer applied is typically 1 - 10 µm thick, depending on the wire diameter, to allow the solvents to evaporate as the wire moves through the enamelling oven.

**Drying and curing**
The coated wire then passes into the enamelling chamber, which consists of a heated chamber (horizontally or vertically arranged) where the solvent is evaporated before moving into a higher temperature zone (400 - 700 ºC) where the film is cured. The wire may then go back into the coating circuit for an additional layer of coating. In this continuous coating process, up to 30 applications of enamel may be applied until the desired layer thickness is obtained.

Recirculated airflow ovens are in use for contemporary wire coating processes. The direction of the recirculating airflow can be with or against the direction of the moving wire. Recirculating the airflow has the advantage that the vented volumes can be decreased. The solvent evaporation process leads to evaporation of the solvent and the air/solvent mix is usually treated in a catalytic oxidiser which ensures that residual solvent concentrations are below legal threshold limits (typically 20 – 30 mg organic C/Nm³). The process heat from the thermal oxidiser can be used in the drying process for the heat up of the circulating airflow (loop).

In gas heated machines, solvent-laden air is passed directly into a gas burner, where the design of the burner allows intimate mixing of the secondary air and oxidation occurs. To ensure that the solvent concentration does not rise beyond the lower explosive limit, it is important that excess air is supplied. Using electrical heating, the solvent-laden air is passed over heating elements to reach a temperature in excess of 500 ºC. This is generally sufficient to achieve complete oxidation. In all cases, electrically heated machines use precious metal catalysts. The efficiency of oxidation is sufficient to ensure that emission control limits for VOC emissions are always achieved. After thermal or catalytic oxidation of the solvents, the air stream is recirculated to provide complete or partial heating of the enamelling chamber. Exhaust gas velocities may be lower than other industries to ensure a maximum energy efficiency balance from the use of recirculated air. It is important that any oxidation takes place where the air stream is recirculated. Oxidation in the stack will produce only hotter exhaust air.

Contemporary ovens in use for very fine enamelled wires work with radiation or a combined radiation and circulating airflow.

The enamelling chamber is typically maintained under negative pressure to allow capture of any fugitive emissions from the enamel supply system and to contain any degradation products or products of combustion from entering the workplace air. An enclosure around the enamel applicator further reduces fugitive emissions from liquid enamel.

**Lubricant application**
Depending on the final product requirements, the enamelled wire may be lubricated before being wound onto a reel. Several lubricants contain different volatile organic solvents.

Typically paraffin is applied from an organic solvent with a solvent content from 98 to 99.9 %. Lubricants, as concentrated emulsions, with a solvent content of between 50 – 95 %, water-based emulsions or even solvent-free hot melts are also used in this industry, though with limited success. With respect to the use of solvent-free alternatives, customer quality requirements with respect to thickness and evenness of the lubricant film have to be respected. The lubricant is generally specified by customers. Generally, it can be stated that high quality requirements and thin wires are less appropriate for solvent-free lubricants. Wherever possible, customers should be encouraged to use products such as self lubricating enamels or solid wax.

An alternative to solvent application may be the application of a molten lubricant to the wire surface by a lubricant wetted felt or by feeding the finished enamelled wire with a lubricant filament that melts due to the residual heat of the wire. The later technique applies the lubricant by looping the filament 2 – 3 times around the enamelled wire and moving it in the same direction as the wire, although at a lower velocity. Both techniques are not yet suitable for applying lubricants to fine wires with diameters of less than 0.1 mm.

## 3.3 Current consumption and emission levels in winding wire manufacturing

### 3.3.1 Mass balances

[12, UBA Germany, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003]

The range of diameters of the wires produced (between 0.01 - 6.0 mm) results in a large variation between production quantity (tonnes wire) and product surface coated ($m^2$). As a consequence, the technologies and varnishes applied for fine wires are different from those for larger diameter wires.

Mass balances of two different types of existing installations in Germany are shown below; the data in Table 3.3 and Table 3.4 are given as specific values related to 1000 kg final product. These data are very similar to the consumption and emission levels of two production plants in Austria.

The first plant from which the consumption and emission data are shown in Table 3.3 can be described as follows:

- installation M: produces medium wires, predominantly with a diameter of 0.6 mm, three shift operations over 320 to 340 days per year, typical capacity 90 t wire per line/per year.

| Input | | Output | |
|---|---|---|---|
| **Raw materials** | | | |
| Cu-wire (8 mm) | 1070 kg | Product (Cu-wire 0.6 mm) | 970 kg |
| | | Wire residues (bare and coated) | 100 kg |
| **Varnishes and solvents** | | | |
| Polymer in varnish | 38 kg | Varnish on product | 30 kg |
| | | Polymer losses | 8 kg |
| Solvents | 71.5 kg | Solvents in waste | 4.7 kg |
| | | Catalytic oxidation of VOCs (1) | 58.6 kg |
| | | Emitted VOCs | 8.2 kg |
| | | $NO_X$<br>CO<br>$CO_2$ | (2) |
| **Process materials** | | | |
| Water | ~ 1000 kg | Water | ~ 1000 kg |
| Wax | 0.1 kg | Wax | 0.1 kg |
| Drawing compound | 0.3 kg | Drawing compound waste, wet | 3.5 kg |
| **Energy** | | | |
| Energy | 2.1 MWh (3) | | |

1) This value is not an emission amount but the share of VOC input that is used for energy recovery by thermal or catalytic oxidation.
2) No representative emission values are available that allow for the calculation of specific emission factors. Single measurements have shown that concentrations of up to several thousand mg/m³ are obtained. $NO_X$ and CO values are highly related to the increasing input of nitrogen compounds from the varnish systems (NMP).
3) The value strongly depends on the product (isolation) system.

**Table 3.3: Mass balance from a plant producing medium sized winding wires [12, UBA Germany, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003]**

The second plant from which the consumption and emission data are shown in Table 3.4 can be described as follows:

- installation F: produces fine wires, predominantly with a diameter of 0.08 mm, three shift operations over 320 to 340 days per year, typical capacity 30 t wire per line/per year.

| Input | | Output | |
|---|---|---|---|
| **Raw materials** | | | |
| Cu-wire (8 mm) | 1100 kg | Product (Cu-wire 0.08 mm) | 962 kg |
| | | Wire residues (bare and coated) | 138 kg |
| **Varnishes and solvents** | | | |
| Polymer in varnish | 58 kg | Varnish on product | 38 kg |
| | | Polymer losses | 20 kg |
| Solvents | 186 kg | Solvents in waste | 6 kg |
| | | Catalytic oxidation of VOCs (1) | 165 kg |
| | | Emitted VOCs | 15 kg |
| | | $NO_X$<br>CO<br>$CO_2$ | (2) |
| **Process materials** | | | |
| Water | ~ 1000 kg | Water | ~ 1000 kg |
| Wax | 0.1 kg | Wax | 0.1 kg |
| Drawing compound | 0.3 kg | Drawing compound waste, wet | 6.5 kg |
| **Energy** | | | |
| Energy | 4.5 MWh | | |

1) This value is not an emission amount but the share of VOC input that is used for energy recovery by thermal or catalytic oxidation.

2) No representative emission values are available that allow the calculation of specific emission factors. Single measurements have shown that concentrations up to several thousand mg/m³ are obtained. $NO_X$ and CO values are highly related to the increasing input of nitrogen compounds from the varnish systems (NMP).

**Table 3.4: Mass balance from a plant producing fine winding wires**
**[12, UBA Germany, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003]**

An installation for producing winding wire is made up of several machines. Usually the machines of an existing plant correspond to different technical grades that may have an influence on the overall emission from the installation. Important parameters in this context are:

- the technology applied at each single machine
- the wire diameter that is produced
- the quality that is produced.

Generally, fine wires are related to higher specific VOC emissions (calculated as g VOC per kg product) compared to thicker wires. This is due to the relationship product weight/product surface and to the achievable share of VOCs in varnishes and lubricants. To give an example: a wire with a diameter of 0.02 mm results in VOC emissions that are four times higher than that produced by a wire with 0.1 mm diameter. Analysis of recent measurements in fine wire and ultrafine wire installations shows a disproportionately high VOC emission from both lubricant application and from the enamelling process for specific application techniques with a very high solvent content. Nevertheless, the impact on the overall value of VOC emission seems to be negligible due to the very small percentage of these products compared to the total winding wire production tonnage.

The emission values in Table 3.3 and Table 3.4 show that these two existing installations cannot, at present, meet the limit values as specified in the Solvent Emissions Directive. It is important to know that the major share of the VOC emissions are due to lubricant application.

### 3.3.2 Consumptions

[80, EWWG, 2004] [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004]

The process steps in the application of solvents are coating, including the curing of the coating, and the application of the lubricant.

#### 3.3.2.1 Coatings

Table 3.5 shows the different coating systems applied and their average solvent content in relation to the type of winding wire produced. The coating systems that are marked with an asterisk (*) contain n-methyl-pyrrolidone (NMP) as the volatile organic compound. For many years there has been an ongoing discussion with the supplier of NMP requiring enamel systems on replacing NMP with non-nitrogen solvent. This has been tried in different ways, but the results have not been technically acceptable up until now. For the mentioned insulation systems, the use of NMP is unavoidable today and in the near future according to enamel manufacturers. The market for the electromagnetic components using enamelled wires needs to be aware of the requirements of technical and security specifications, products for which the insulation has to meet the requirements of high thermal, mechanical and electrical performance specified in the thermal class.

| Product | Insulating coating system | Share of total production (%) | Average solvent content (%) |
|---|---|---|---|
| Solderable round wires | Polyurethane | 13 | 65 – 80 |
| High temperature round wires | Epoxy, polyester, polyamide, polyimide, polyester-imide with additional polyamide-imide layers (*) | 70 | 55 – 75 |
| Self bonding round wires | As above (first and second lines in this table) with additional bonding layers of aliphatic or aromatic polyamide (*) | 11 | 55 – 75 |
| Rectangular wires | Depending on temperature class: polyvinylacetal, polyester-imide, polyamide-imide with an additional bonding layer (*) | 6 | 60 – 80 |
| **Total** | | **100** | **55 – 75** |
| * Coating systems may partially contain NMP (n-methyl pyrrolidine) as a VOC | | | |

**Table 3.5: Main winding wire products and applied coating systems [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004]**

The solid content of wire coatings usually varies between 20 and 45 %; the remaining 55 - 80 % is organic solvent. For ultrafine wires, (with diameters in the ten micron range) high solvent contents of up to 75 % are necessary, whereas with increasing diameters of the wire less solvent is needed in the coating application, i.e. around 55 %. The choice of solvent for the coating application depends on the coating type.

In order to achieve the required insulation performance, complex coating systems are usually made up of speciality polymers dissolved in special solvent blends. Organic compounds which are strong solvents (cresol/NMP) are required to dissolve the high molecular weight polymers (polyester-imide and polyamide-imide) and cannot be replaced by other solvents with lower solvency and less environmental impact. The most commonly used solvents within the industry are cresylic acids (cresols) with xylene used as diluent, naphtha or other aromatics, or NMP. These are all high boiling point/low vapour pressure solvents designed for production at high temperatures and therefore with very low evaporation rates at ambient temperatures.

Currently a handful of possible coating technique alternatives have been developed:

- hot melt coatings
- medium and high solids coatings
- cresol-free coatings
- waterborne coatings
- electrocoat applicable coatings
- 2-component coatings
- powder polyester coatings
- UV curing coatings
- extrusion coatings with thermoplastic materials.

However, for many reasons, such as lack of quality performance, as well as economical, technological or safety aspects, these alternatives have not yet succeeded against the classical winding wire coatings.

#### 3.3.2.2 Lubricants

Several lubricants contain different volatile organic solvents, however paraffin (wax) is typically applied with an organic solvent content of 98 - 99.9 %. Alternatives such as concentrated lubricant emulsions, with a solvent content of between 50 - 95 %, water-based emulsions or solvent-free hot melts, are also used, however, with limited success.

### 3.3.3 Emissions

[80, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.3.3.1 Emissions to air

**VOC, $NO_X$ and CO emissions**

The values in Table 3.6 are examples of measurements in a few installations that give an indication of current emission levels of VOC, $NO_X$ and CO:

| | **M installations[1] (g/kg)** | **F installations[2] (g/kg)** |
|---|---|---|
| VOC | ~ 8 | ~ 15 |
| $NO_X$ [3] | ~ 10 | ~ 12.5 |
| CO | ~ 8.5 | ~ 15 |

Note:
[1] M installations: these are data from installations that produce medium sized wires (diameter of >0.1 mm).
[2] F installations: these are data from installations that produce fine wires (with an average diameter of ≤ 0.10 mm).
[3] There are no fine wire sites using exclusively NMP-containing materials. The higher values are derived from measurements on production lines using exclusively insulation material containing NMP (see Section 3.3.2.1 and discussion on $NO_x$, later in this section).
(See also Table 3.3 and Table 3.4 )

**Table 3.6: Examples of measurements of emissions to air**
**[80, EWWG, 2004]**

Many attempts have been made to reach a low level of CO and $NO_X$ emissions; however, running the enamelling machine efficiently and the destruction of VOC are given priority together.

*VOC emissions* At an EU-25 level for the year 2000 (according to the RAINS model), NMVOC emissions were 5.4 kt, representing 0.05% of total NMVOC emissions. Total activity was 420 kt of winding wire coated, and the average emission factor is about 12.3 kg NMVOC/t of wire coated meaning that emissions from this sector are already partly treated in EU25 (based on an unabated emission factor is 17 g/kg in 1990). VOC emissions are proportionately lower from the drying processes, due to the waste gas treatment. The major remaining source of VOCs is from the application of the lubricants. In Table 3.6, fine wires are produced by applying a final wax coating with white spirit. The white spirit dries off and consequently VOC emissions are higher. However, in the case of thicker wires, new low solvent techniques can be used. However, these techniques are not readily usable on fine wires of 0.01 - 0.1 mm (see Section 3.4.5.6) [128, TWG, 2005].

Solvent emissions from the industry have been steadily reduced for over 40 years, and a baseline figure of 13 g/kg for 1995 has been estimated (when analysis of emissions started). The industry proposed a reduction target for emissions of 5 g/kg for wires with diameters of >0.1 mm by 2007 and of 10 g/kg for fine wires (with an average diameter ≤0.1 mm). This was based on an industry study using best practice technologies described in this Chapter and modified by experience of the difficulty of reducing the solvents used in fine wire production (for example, see Section 3.4.5.6). This equates to a reduction of up to 60 % (and up to70 % compared with estimates of the situation in 1990). [55, Europacable, 1997]

*Oxides of nitrogen ($NO_x$)* See Section 20.11.9. [140, Tempany, 2006, 163, EWWG, 2005, 193, Tempany, et al., 2006] are produced as a result of the oxidation of VOCs in waste gases and give rise to the cross-media conflict between abating VOCs and creating $NO_x$. One source of $NO_x$ emissions is the direct result of oxidation of the nitrogenated solvents used in the production of certain enamel systems (see Table 3.5). The concentration of $NO_X$ is proportional to the destruction of VOCs for the products that contain the nitrogenated solvents. Only a part of the nitrogen contained in NMP is converted to nitrogen oxides, at a ratio of 90 % NO and 10 % $NO_2$. The other major source of $NO_x$ is the oxidation of atmospheric nitrogen during combustion of VOCs in the oven. When using enamels containing nitrogen, emission values of $NO_X$ can be well over 150 $mg/Nm^3$ depending on the specific airflow conditions in the enamelling machine and the number of machines using solvents containing nitrogen. In other cases with different airflows and NMP usage on process machines, the levels are 150 $mg/Nm^3$ and indistinguishable from satisfactory $NO_x$ levels associated with combustion (see the CWW BREF [67, EIPPCB, 2003]). This is a common problem for all installations over Europe. Enamels based on nitrogen-free solvents, such as polyvinyl-acetal, result in wires of low heat class, and do not meet the specifications required by the customers that the polyamide-imide products attain. $NO_x$ emissions after catalytic oxidation do not currently undergo treatment.

| Installation(s) | Group of 34 enamelling ovens | Group of 165 enamelling ovens | Installation 1 enamelling | Installation 2 |
|---|---|---|---|---|
| **Short description of the installation** | Exhaust gases collected in three tubes leading to one stack (flue)<br><br>Special local conditions: industrial area, close to a power station | Exhaust gases collected by hoods over single sources in four stacks (flues), 35 - 50 m high<br><br>In order to avoid odour emissions (olfactory trouble with neighbourhood), a large amount of air from the production hall is extracted together with the gas from the oven<br><br>Sources are spread over an area of about 10000 m²<br>Special local conditions: mixed industrial and residential zone (climatic spa) | 80 % of all product lines used NMP during measuring period<br><br>Dilution of the exhaust gas in the hood: 1/10 from oven, 9/10 from hall<br><br>Estimation: 2/3 of the $NO_x$ is caused by nitrogen input (NMP), 1/3 caused by thermal process | Measurement on ventilator on the roof (ventilation of production hall and air from the cooling of the enamelling oven)<br><br>$NO_x$ emissions caused by small, uncontrollable process source.<br><br>Number of fans: more than 100, spread over the production area of 10000 m² |
| **Volume flow ($Nm^3/h$)** | 3700,<br>7000,<br>34500 | 53600 – 98000<br>in each of the stacks average mean value: 68480 | 60 - 810 | |
| **Temperature (°C)** | ~ 80<br>gas temperature at the entrance of the stack | 70 - 110<br>gas temperature at the entrance of the stack | 250 - 550<br>temperature of undiluted exhaust gas at the source | 30 - 45<br>temperature of air |
| **Concentration (mg $NO_x/Nm^3$)** | 19<br>60<br>34 | Average: 51.3 | 550 – 1500<br>Average: 615 | Average value: 12 |
| **Mass flow $NO_x$ (kg $NO_x/h$)** | | Total: 14.07 | Average: 0.0835 from a single source | Total: 4<br>mean single sources: <0.040 |

**Table 3.7: Winding wires: Further examples of $NO_x$ emissions [193, Tempany, et al., 2006]**

The total amount of $NO_x$ emitted by the industry is estimated to be between 1 and 2.7 ktonnes a year (based on 2000 EUROSTAT figures).

*Carbon monoxide* is formed by the partial combustion of the enamel components during catalytic incineration in the enamelling machine. Carbon monoxide is a consequence of the destruction of solvent rather than of the burner efficiency. The concentration of carbon monoxide is dependent on the dwell time within the burner rather than the burner being incorrectly set. If the combustion efficiency is increased, the CO emissions would be reduced, but with a corresponding increase in $CO_2$ and $NO_X$ emissions.

An enamelling machine is not controlled according to CO emissions but under completely different conditions, and these are:

- ensuring the correct temperature within the enamelling machine in order to achieve the optimum properties from the enamel film. Increasing the burner temperature would require dilution air to reduce the temperature in the enamelling chamber overall. This would require a greater amount of energy and is not considered to be the best environmental option
- using excess air to prevent the lower explosive limit from being exceeded and so preventing explosions within the machine. Reducing the airflow to increase the residence time is, therefore, not an option.

Attempts have been made to limit the emission of carbon monoxide by using secondary catalysts; however, meeting the emission limits will remain an issue because of the relatively short life of the catalysts and the corresponding financial implications.

**Dust emissions**
As the films applied to the wire are extremely thin (in the order of 10 µm) any dust present in the enamelling process would cause very serious surface quality problems. As any emission to the air is only a portion of the recirculated air, there will be no dust emissions expected.

With respect to the current consumption and emission values, there are no major differences in all the European countries because of the same machinery and the fully integrated abatement technique in all kind of enamelling machines.

#### 3.3.3.2 Emissions to water

The water used in a winding wire plant normally is used in closed circuits. Emissions to water from the enamelling process are low; however water use should be kept as low as possible and this is commonly done by:

- minimising the flow through cooling baths and recycling the water through filters and de-ionisers when practicable
- using conductivity meters to optimise the treatment and conserve water in cooling towers
- prolonging the life of waterborne wire drawing lubricant emulsions by using filtration, centrifugation where practicable and ensuring efficient management of the lubricant to prevent premature ageing by stagnation and bacterial degradation.

#### 3.3.3.3 Waste

The main sources of waste are from the drawing process and in the enamelling stage of the winding wire production [128, TWG, 2005].

Drawing:

- the drawing emulsion is used in a closed loop system, it is continuously cleaned using a paper filter or a hydrocyclone separator. In order to reduce waste amounts, emulsion treatment (reconditioning) is carried out with demineralised water; water is evaporated during the process and waste amounts are minimised
- the filters of the drawing emulsion circuit contain a certain amount of copper particles from the drawing process. They are recycled externally for the copper content.

Enamelling:

- varnish application. In order to reduce varnish losses, the varnish is applied in varnish baths, during die stripping using the varnish circuit and by dosed varnish using felt application
- recycling of bare or enamelled wires. The production scrap (bare and enamelled wires) is recycled to 100 %
- used solvents, residual enamels and cleaning wipes containing solvent are collected and disposed of (usually by incineration).

## 3.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Wickeldrahtherstellung zu berücksichtigen sind

### 3.4.1 Allgemeine Techniken bei der Herstellung von Wickeldraht

[128, TWG, 2005]

Die in Kapitel 20 diskutierten Verfahren können auch bei der Wickeldrahtherstellung Anwendung finden. Tabelle 3.8 zeigt die allgemein relevanten Techniken für die Wickeldrahtherstellung. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an, und die Anwendbarkeit wird in diesem Kapitel weiter unten diskutiert.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 (nicht 20.6.3) |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Design, Optimierung und Betrieb von Absaugung und Minderungstechniken | 20.11.1 |
| Systemauswahl, Design und Optimierung | 20.11.1.1 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Behandlung benutzter Lösemittel zur Wiederverwendung | 20.13.2 |
| Einwegreinigungstücher | 20.13.3 |
| Wiederverwendbare Reinigungstücher | 20.13.4 |
| Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus Tüchern | 20.13.5 |
| Wiederverwendbare Behälter | 20.13.6 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 3.8: Verweis auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

Die EGTEI-Zusammenfassungen für das Beschichten von Wickeldraht (siehe Anhang 24.1.1) beschreibt einige Kosten-Nutzen-Daten für den europäischen Raum für einige Techniken zur Minderung von VOC. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss zwangsläufig die Komplexität begrenzen, es werden nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte. [133, EGTEI, 2005] [128, TWG, 2005]

Techniken, die im Unterabschnitt des Kapitels 20.6.3 beschrieben sind, sind nicht bei der Wickeldrahtherstellung anwendbar. Die Mischung der Beschichtungsstoffe wird im verarbeitbaren Zustand durch den Hersteller der Mischung mit dem geforderten Gehalt an Lösemitteln und Polymeren geliefert, es erfolgt kein Mischvorgang in der Anlage, keine Verdünnung oder Zufuhr von Lösemitteln während des Herstellungsprozesses der Lackdrähte.

Kapitel 20.7: aufgrund der speziellen und integrierten Prozessweise der Vorrichtungen zum Beschichten der Wickeldrähte (beschrieben in den Abschnitten 3.1, 3.2 and 3.4) decken die allgemeinen Techniken nur einzelne Aspekte ab und sind nicht auf integrierte Wickeldrahtanlagen übertragbar.

Kapitel 20.8: Das Trocknen ist bei Wickeldrahtanlagen nicht anwendbar aufgrund der industriespezifischen hohen Temperaturen, die beim Einbrennprozess angewendet werden.

Kapitel 20.10: Eine Substitution ist nicht möglich, da die Mischung der spezifischen Beschichtungsstoffe nicht ohne Änderung der (Eigenschaften der) Beschichtung geändert werden kann. Die Leistung der Isolationsschicht ist in internationalen Standards bestimmt und wird durch den Kunden vorgegeben. Alle Substitutionen, die im Abschnitt des Kapitels 3.4 beschrieben sind, wurden in enger Kooperation mit dem Kunden durchgeführt. Dei meisten verfehlten die Anforderungen, wie sie im spezifischen Absatz beschrieben wurden.

Kapitel 20.11.2 bis 20.11.8: Die beschriebenen Techniken sind nicht bei der Wickeldrahtherstellung anwendbar. Die angewendete Abgasbehandlung beim Inline-Prozess der Wickeldrahtanlage wird detailliert im Kapitel 3 beschrieben. Die branchenspezifischen Einbrennanlagen gestatten keine Modifikation oder den Ersatz von einigen Teilen des Systems. Der Umluftkreislauf in den Trocknern ist bereits hinsichtlich der Rezirkulation und Wärmerückgewinnung, sowie der VOC-Oxidation optimiert. Der Abschnitt zur katalytischen Nachverbrennung enthält keine zusätzlichen Informationen zum speziellen Abschnitt der Wickeldrahtherstellung. Die biologische Behandlung ist wegen der hohen Abgastemperaturen nicht anwendbar.

Kapitel 20.11.9 merkt zu $NO_x$–Minderungstechniken an, dass SCR und SNCR bisher aus ökonomischen Gründen nicht in der Wickeldrahtherstellung angewendet wurden. Wäscher müssen entweder hinter jedem Ofen/jeder Ofenlinie angebracht werden oder bräuchten sehr große Abwassersammelsysteme. Sie sind bisher nicht in dieser Branche angewendet worden, und es hat den Anschein, dass die Menge des emittierten NOx derzeit nicht die technischen und ökonomischen Investitionen begründet.

Kapitel 20.12: Abwasserbehandlung wird nicht durchgeführt, da nur der Ziehprozess Wasser benötigt und ein geschlossener Kreislauf der Ziehemulsion angewendet wird.

Kapitel 20.13.7 wird nicht angewendet, da keine Aktivkohle verwendet wird.

Kapitel 20.13.8 wird nicht angewendet, da es keine Abwasserbehandlung in dieser Art von Anlage gibt.

Kapitel 20.14 and 20.15: Staub- und Geruchsminderung sind bereits bei der Inline-Anlagetechnik angesprochen worden.

Techniken, die bei Bestimmung von BVT in der Wickeldrahtherstellung und bei Versuchen zur Substitution von Techniken oder Materialen zu berücksichtigen sind, werden in den folgenden Abschnitten beschrieben (3.4.x).

## 3.4.2 Energiemanagement

### 3.4.2.1 Drahtkühlung mit Raumluft oder Außenluft

**Beschreibung:** nach dem Trocknen und Härten der Einbrennbeschichtung muss der Draht gekühlt werden, bevor er für eine weitere Schicht oder den Gleitmittelauftrag zurückgeführt wird. Dazu kann Raumluft oder Außenluft verwendet werden. Während der Winterzeit wird die Raum- und Außenluft normalerweise gemischt, um eine Kondensation von Wasser im Kühlsystem zu vermeiden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderter Energieverbrauch, da Raum- oder Außenluft nicht gekühlt oder einer Behandlung vor der Anwendung unterzogen werden müssen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Weit verbreitet in der Wickeldrahtherstellung.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen und wird in allen europäischen Wickeldrahtanlagen angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine sehr preiswerte Technik.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004]

### 3.4.3 Konventionelle lösemittelbasierte Prozesse

#### 3.4.3.1 Auftrag konventioneller Drahtlacke mit Lackbad Düsenabstreifung; Lackkreislaufführung

**Beschreibung:** Die Anwendung konventioneller lösemittelbasierter Lackbäder mit Düsenabstreifung und Lackrückführung (im Kreislauf) wird allgemein in der Wickeldraht-herstellung angewendet. Die Menge der Beschichtung (des Einbrennlacks) wird mittels Düsen für aufeinanderfolgende Schichten dosiert. Die Düsen werden mit Lösemittel gereinigt, bevor sie wieder zum Einsatz kommen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen. Diese Technik wird allgemein bei der Wickeldrahtherstellung angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Es ist der kostengünstigste Weg, um einen akkuraten Auftrag des Drahtlacks zu erreichen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Alle Werke in Europa.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004]

#### 3.4.3.2 Auftrag von Drahtlacken mit dosierter Lackzufuhr und Filzübertragung

**Beschreibung:** Die Anwendung herkömmlicher lösemittelbasierter Beschichtungen mittels dosierter Zufuhr der Beschichtung und Fadentechnik oder Filzen wird allgemein angewendet.

Mit Lack behaftete Filze haben nur eine begrenzte Lebenszeit, sie können nicht regeneriert werden, sie sind als gefährlicher Abfall zu behandeln.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Diese Technik wird allgemein in der Wickeldrahtherstellung angewendet.

**Anwendbarkeit:** Bei neuen und bestehenden Anlagen anwendbar. Es ist die Auftragsweise, die typischerweise bei der Herstellung von Feindrähten angewendet wird.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Alle Anlagen in Europa.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.3.3 Auftrag herkömmlicher lösemittelbasierter Gleitmittel mit Filzen

**Beschreibung:** Eine seit vielen Jahren auf Kundenwunsch ausgeführte Anforderung ist der speziell festgelegte Auftrag von Gleitmittelschichten. Einige Kunden wollen ein spezielles Gleitmittel oder liefern das gewünschte Gleitmittel selbst an den Hersteller der Wickeldrähte. Die Gleitmittelschicht ist keine Schutzschicht für den isolierten Kupferdraht, aber ein absolut notwendiges Hilfsmittel für das Aufspulen beim Kunden vor Ort. Zu wenig oder zu viel Gleitmittel macht den Draht klebrig oder das enge Wickeln/Aufspulen unmöglich. Es kann dazu führen, dass der Motor einer Zündspule, die nicht optimal mit Kupfer aufgefüllt ist, nicht so energieeffizient arbeitet. Die Dicke der Gleitmittelschicht ist nahezu monomolekular, ein typischer Wert ist ungefähr 30 - 60 mg/m$^2$ für mitteldicke Drähte und 5 - 10 mg/m$^2$ für feine Drähte mit einem Durchmesser unterhalb 0,10 mm.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Hohe VOC-Emissionen.

**Betriebsdaten:** Diese Technik erlaubt die Herstellung energieeffizienter Motoren und Transformatoren. Dies ist aber ein Nutzen, der allgemein erreicht wird, er wird nicht speziell für das Werk wirksam, in dem der Draht produziert wird.

Die Technik wird allgemein bei der Wickeldrahtherstellung angewendet und führt zu der geforderten gleichmäßigen glatten Schicht des Gleitmittels.

**Anwendbarkeit:** Die Technik wird allgemein bei der Herstellung runder Drähte angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Niedrige Investitions- und Betriebskosten im Vergleich zu alternativen Techniken.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Nahezu alle Produktionsstätten in der Welt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.4 Konventionelle wasserbasierte Emulsionen

**Beschreibung:** Wasserbasierte Emulsionen werden gewöhnlich angewendet, um den Draht zu kühlen und die Reibung während des Ziehens zu mindern. Der Schmiermittelanteil beträgt von 0.1 bis zu 20 % in Abhängigkeit von der Größe des Drahts in der Maschine. Die Standzeit der Emulsion konnte durch Filtern der Emulsion und Entfernen von Kupferpartikeln während der letzten 10 Jahre verdoppelt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Ziehprozess ist völlig lösemittelfrei.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Das Mineralöl wird nicht als Lösemittel verwendet, aber um eine Emulsion zu erzeugen, wird deionisiertes Wasser benötigt, das in einem geschlossenen Kreislauf geführt wird.

**Anwendbarkeit:** Es ist eine gut eingeführte Technik. Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Alle Anlagen in Europa.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.5 Ersatz konventioneller lösemittelbasierter Materialien (Substitution)

Dieses Kapitel beschreibt mögliche Alternativen für konventionelle Drahtlackbeschichtungen (siehe Abschnitt 3.4.3.1 und 3.4.3.2) und Gleitmittel (siehe Abschnitt 3.4.3.3).

#### 3.4.5.1 Highsolid-Drahtlackbeschichtungen

**Beschreibung:** Durch die Anwendung von Filzen hat sich allgemein der Feststoffgehalt in den vergangenen 20 Jahren von 30 bis auf ungefähr 45 % erhöht (das führte zu einer Lösemittelminderung von 70 bis 55 %), und für Drähte feiner als 0,10 mm von 20 auf 30 % Feststoffgehalt mit einer korrespondierenden Minderung des Lösemittelgehalts von 80 auf 70 %. Weitere Fortschritte sollten möglich seine, insbesondere um den Einsatz teueren Lösemittels zu mindern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine ziemlich bedeutende Minderung der Lösemittelemissionen**.**

**Medienübergreifende Effekte:** Ein sehr hoher Feststoffanteil benötigt einen hohen Energieeinsatz beim Herstellungsprozess, folglich einen höheren Energieeinsatz beim Aufheizen. Es fällt mehr Abfall an.

**Betriebsdaten:** Bei einer großen Erhöhung des Feststoffanteils tritt eine Tendenz zu geringerer Qualität der Isolationsschicht auf, siehe Abschnitt 3.4.6.2. Es wird auch schwieriger, die richtige Dicke jeder Isolationsschicht zu erreichen. Erfahrungen zeigen eine direkte Korrelation zwischen dem Feststoffanteil und dem Anteil an produziertem Ausschuss. Wegen des Ausschussanteils war es deshalb notwendig, den Feststoffanteil bewusst zu reduzieren.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei neuen und bestehenden Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Nutzen durch niedrige Kosten. Minderung der Lösemittelkosten bei den Drahtlacken, es wird aber weniger Energie zurück gewonnen aus der Verbrennung der Lösemittel im Abgas.

**Gründe für die Einführung:** Kostenminderung.

**Beispielbetriebe:** Alle Anlagen wenden Beschichtungssysteme mit einem Feststoffanteil von +/- 30 bis 45 % an.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.5.2 Wasserbasierte Drahtlackbeschichtungen

**Beschreibung:** Vor einigen Jahren wurden Versuche mit Acryl-haltigen Lacken durchgeführt. Sie haben die Anforderungen der IEC-Standards und die steigenden Anforderungen hinsichtlich der mechanischen und elektrischen Eigenschaften, die die Kunden forderten, nicht erreicht. Ein kleiner Lösemittelanteil (bis zu 15 % an Alkoholen und Aminen) ist zur Erreichung der Oberflächenqualität erforderlich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine bedeutende Minderung an Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Emissionen in das Wasser, hohe Energieaufwendungen zum Trocknen und die Energierückgewinnung aus der Verbrennung fällt weg.

**Betriebsdaten:** Erste Erfahrungen zeigen einen größeren Materialbedarf und längere Trocknungszeiten. Wegen der hohen Kosten und technologischer Aspekte erweist sich diese Alternative noch nicht als brauchbar.

**Anwendbarkeit:** Zurzeit nicht anwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kostenvorteile. Nachrüstung würde ein teurer Vorgang, da alle Verrohrungen durch rostfreien Stahl ersetzt werden müssten. Auch die Trocknungszone müsste vergrößert werden (länger/wärmer).

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.5.3 UV-härtende Drahtlackbeschichtungen

**Beschreibung:** UV-härtende Drahtlackbeschichtungen könnten eine mögliche Alternative zu konventionellen lösemittelbasierten Beschichtungen sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelhaltige Emissionen aus dem Beschichtungssystem werden auf Null reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Es werden UV-Lampen zum Trocknen benötigt. Hoher Energieverbrauch.

**Betriebsdaten:** Bekanntes Material wird nicht die erforderlichen Spezifikationen erfüllen. Es werden große Probleme erwartet, dass die korrekte (exakte) Dicke erreicht wird und eine Blasenbildung zu schlechten elektrischen Eigenschaften führen wird.

Wegen fehlender Güte, hohen Kosten, technologischen und Sicherheitsaspekten wird diese Alternative noch nicht als geeignet angesehen.

**Anwendbarkeit:** Bisher wurde diese Methode/der Prozess noch nicht verwendet. Es gibt derzeit einige Entwicklungsaktivitäten, die durch die EU unterstützt werden, die Ergebnisse sind aber derzeit noch nicht vielversprechend.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kostenvorteile. Nachrüstung ist sehr teuer. Es werden hohe Materialkosten erwartet.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.5.4 Kresol-freie Drahtlackbeschichtungen

**Beschreibung:** Kresol-haltige Beschichtungen sind korrodierend und/oder toxisch, z.B. PVF (Polyvinylfluorid) ist als toxisch klassifiziert. Kresol sollte durch Diglykol oder vergleichbare Komponenten ersetzt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:**

**Medienübergreifende Effekte:** Kresol-freie Drahtlackbeschichtungen sind nicht notwendigerweise für die menschliche Gesundheit besser, da sie einen schlechten Geruch haben können und ebenso korrodierend und toxisch sein können.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Sie sind wegen fehlender Qualität und elektrischer Leistung noch keine geeignete Alternative.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringer Kostenvorteil. Die auf Kresol-freiem Lösemittel basierende alternative Beschichtung ist teurer und weist eine geringere Qualität auf.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.5.5 Polyesterpulverhaltige Drahtlackbeschichtung

**Beschreibung:** Es gibt Polyesterpulverbeschichtungen, die sind aber nur anwendbar bei Wickeldrähten für den Niedertemperaturbereich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen aus dem Beschichtungssystem werden auf Null reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhtes Explosionsrisiko.

**Betriebsdaten:** Wegen fehlender Leistung (geringer thermischer Widerstand, schlechte Haftung und deshalb unzureichende mechanische und elektrische Eigenschaften) und hohen Investitionskosten konnte sich diese Alternative bisher nicht durchsetzen.

Bei Anwendung dieser Technik gibt es keine Produktionsflexibiltät mehr.

**Anwendbarkeit:** Wird zurzeit nicht angewendet. Es wurden im Jahr 1980 Tests durchgeführt, die Entwicklung wurde nach einer aufgetretenen Explosion gestoppt.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringer Kostenvorteil. Nachrüstung ist ein sehr teurer Vorgang.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.5.6 Lösemittelfreie Gleitmittel

**Beschreibung:** Lösemittelfreie Gleitmittel können mittels Fäden oder Filzen aufgetragen werden. Zwei alternative Systeme sind in einigen Anlagen in Betrieb: geschmolzenes Gleitmittel wird auf die Drahtoberfläche durch einen mit Gleitmittel angefeuchteten Filz aufgetragen, oder an dem fertigen beschichteten Draht wird ein Faden mit Gleitmittel mitgeführt, der durch die Resthitze des Drahts aufschmilzt. Die letztgenannte Technik trägt das Gleitmittel durch zwei- oder dreimalige Drehung des Fadens um den lackierten Draht auf, dabei wird der Faden in Transportrichtung bewegt, aber mit einer geringeren Geschwindigkeit.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es werden Lösemittelemissionen aus dem Gleitmittel vermieden. Für nicht so feine Drähte können durch den Faden die VOC-Emissionen auf 3 bis 4 g/kg Produkt gemindert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Durch die verwendeten Fäden wird Abfall produziert, bisher wurde keine Möglichkeit des Recyclings gefunden.

**Betriebsdaten:** Das Gleitmittel ist kein Mittel zur Konservierung des Wickeldrahts, sondern ein genauc definiertes Mittel für spezifische Leistungsmerkmale des Drahtes, die vom Kunden gefordert und freigegeben werden. Das Auftragssystem muss sicherstellen, dass die kleine notwendige Menge des Gleitmittels homogen auf die Oberfläche des Drahtes aufgetragen wird. Für typische Werte siehe Kapitel 3.4.3.3 . Lösemittelfreie Gleitmittel können nicht bei Drähten kleiner als 0,15 mm angewendet werden, da die Reibung zwischen Draht und Gleitmittel höher als normal ist, was zu vermehrten Drahtbrüchen führt. Demzufolge wird mehr Ausschuss produziert, wenn Drähte kleiner als 0,15 mm hergestellt werden. .

Die Qualitätsanforderungen des Kunden bezüglich Dicke und Gleichmäßigkeit des Gleitfilms müssen beachtet werden, wenn man an lösemittelfreie Alternativen denkt. Das Gleitmittel wird normalerweise durch den Kunden bestimmt. Allgemein kann man sagen, dass hohe Qualitätsanforderungen und dünne Drähte für lösemittelfreie Gleitmittel weniger geeignet sind.

Es besteht die Notwendigkeit der Beaufsichtigung und Instandhaltung der Auftragssysteme und es besteht die Gefahr der Fehlfunktion. Verglichen mit einem konventionellen System sind die Alternativen nicht effektiv oder einfach nicht zuverlässig genug.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei neuen und bestehenden Anlagen. Die meisten Anlagen haben einige Linien (einige haben sogar bis zu 20 % ihrer Linien) mit lösemittelfreiem Gleitmittelauftrag. Bisher wurde diese Technik nur für spezielle Kunden verwendet. Die allgemeine Anwendung ist heutzutage wegen der Kundenanforderungen nicht möglich. Die Technik kann nur bei einem begrenzten Drahtdurchmesserbereich angewendet werden, z.B. 0,15 bis 1,5 mm (z.B. nicht möglich bei Feindrähten).

**Wirtschaftlichkeit:** Ein ökonomischer Vorteil ist, dass Lösemittel weggelassen werden. Alternative Systeme unter Verwendung von getränkten Garnen sind seit einigen Jahren in der Entwicklung. Diese Systeme erfordern hohe Investitionskosten für jede Linie und haben mit lösemittelhaltigen Varianten vergleichbare Investitionskosten. Ein Garnbruch wird zu hohen Mengen an Ausschuss führen.

**Gründe für die Einführung:** Kundenforderungen zur Anwendung von Alternativen und die Verbesserung der Arbeitsumwelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.6 Ersatz von konventionellen lösemittelbasierten Beschichtungsprozessen (Substitution)

Dieses Kapitel beschreibt Techniken, wo konventionelle Lackauftragssysteme durch andere Systeme ersetzt werden (z.B. Verwenden anderer Produktionsmaschinen).

#### 3.4.6.1 Extrudieren des Schmelzlacküberzuges

**Beschreibung:** Es ist eine Technik mit sehr dicker Isolationsschicht in Entwicklung. Dies erfordert einen sehr speziellen Auftrag. Sie wird angewendet, um vollständig isolierte Drähte herzustellen, z.B. eine sehr dicke Isolierschicht zur Verhinderung von Koronaeffekten. Die Herstellungslinie ist völlig anders, da das Material sich erheblich von lösemittelhaltigem Material unterscheidet. Das Produkt gleicht mehr einem Kabel als einem Wickeldraht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen aus dem Beschichtungssystem sind auf Null reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird zusätzliche Energie für den Betrieb des Extruders benötigt. Das Wiederverwenden oder Recycling von Isoliermaterial ist nicht möglich und zu einem Anstieg von Abfallmaterial führt.

**Betriebsdaten:** Das Polymer macht den Draht elastischer, was zu lockereren Wicklungen mit geringerer Energieeffizienz führt.

Wegen geringerer Leistung, höheren Kosten, technologischen und Sicherheitsaspekten konnte sich diese Alternative bisher nicht durchsetzen.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist nicht auf Drähte unterhalb der Größe von 0,15 mm anwendbar, da der Draht sonst wegen der Viskosität des geschmolzenen Polymers bricht. Bisher wurde diese Technik noch nicht in einem Betrieb der Wickeldrahtherstellung angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kostenvorteile. Die Kosten des Polymers betragen das Zehnfache der derzeitigen Kosten für eine Lackbeschichtung des Drahtes.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Einige Anlagen in der Welt wenden diese Technik an. Das sind aber keine Wickeldrahtherstellungsanlagen.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004]

#### 3.4.6.2 Hotmelt-Lackbeschichtungen

**Beschreibung:** Ein thermisch härtendes Material wird auf einen Kupferleiter aufgebracht. Dieses Substitut ist bis 100 °C thermoplastisch, dabei bleibt das Harz bis ca. 80 °C flüssig und kann mit Matrizen auf den Kupferleiter aufgebracht werden.

Es wurden Tests insbesondere mit Durchmessern >0.355 mm durchgeführt, aber nicht alle Drähte konnten die steigenden Anforderungen der modernen Drahtherstellung gegenüber Haftung und Flexibilität, Hitzeschocks, Durchschlagfestigkeit, thermischem Widerstand, Widerstand gegen Abrieb, zentraler Lage des Drahtes (Zentrizität) erfüllen. Wegen des nahezu 100 %-igen Feststoffanteils und der daraus folgenden geringeren Anzahl an Isolierschichten ist es nicht möglich, kleine Toleranzen bezüglich der Schichtdicke fehlerfrei zu realisieren. Weniger Schichten und eine schlechtere Zentrizität führen zu verschlechterter dielektrischer Stärke der Isolierschicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Da es ein fast lösemittelfreier Prozess ist, können erhebliche Minderungen von Lösemittelemissionen erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Die heiße Schmelze kann immer noch kleine Mengen an alkoholischen Verbindungen enthalten, die Gerüche durch Oxidation und Cracken während des Einbrennprozesses erzeugen. Es ist ein hoher Eintrag an elektrischer Energie für das Härten erforderlich.

**Betriebsdaten:** Das Auftragen der heißen Schmelze erfordert Temperaturen von ungefähr 80 bis 100 °C in den Zirkulierpumpen für das Harz, das kann zu Problemen in der Arbeitsumgebung der Arbeiter führen.

Es ist keine Energierückgewinnung aus dem Ofen möglich, da keine Lösemittel vorhanden sind.

**Anwendbarkeit:** Es kann nicht die gesamte Palette der gegenwärtigen Produkte mit Hotmelts hergestellt werden. Es gibt keine Lösung für einen 1:1-Ersatz der existierenden Isoliersysteme. Es wurden erfolglose Tests seit Mitte der 1990iger Jahre durchgeführt. Diese Technik ist nicht auf Drähte anwendbar, die kleiner als 0,15 mm sind, da der Draht wegen der Viskosität des geschmolzenen Polymers brechen würde. Wegen geringer Leistung, hohen Kosten, technologischen und Sicherheitsaspekten konnte sich diese Alternative bisher nicht durchsetzen.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringer Kostennutzen. Der existierende Maschinenpark muss komplett ausgewechselt werden. Neue Isoliermaterialien müssen entwickelt werden, die durch die Wickeldrahthersteller getestet und durch den Kunden freigegeben werden müssen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 3.4.6.3 2-Komponenten-Epoxidharzbeschichtungen

**Beschreibung:** Die einzige alternative Beschichtung mit einem 2-Komponentensystem ist das Epoxidsystem, für viele Produkte ist der Temperaturbereich aber nicht ausreichend.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen aus dem Beschichtungssystem werden auf Null gemindert. Eine forcierte Trocknung ist überflüssig.

**Medienübergreifende Effekte:** 2-Komponenten Epoxidharzsysteme können eine zunehmende Bedeutung für die Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz haben.

**Betriebsdaten:** Es ist ein völlig anderes System der Lackbeschichtung (Produktionsmaschinen). Außerdem ist es ein kompliziertes Produktionsverfahren mit einem hohen Risiko der Beschädigung der Maschinen.

**Anwendbarkeit:** Das Verfahren wird zurzeit wegen geringer Leistung und hohen Kosten nicht angewendet, diese Alternative hat sich noch nicht als geeignet bewährt. Sie ist nur für einen kleinen Teil des Produktspektrums (Temperaturklasse) anwendbar, weil das Produkt zu steif ist.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringer Kostennutzen. Nachrüstung ist ein teurer Vorgang, da eine vollständig neue Maschinenausrüstung erforderlich ist.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.6.4 Elektrophoretisch abscheidbare Drahtlacke

**Beschreibung:** Das Material für elektrophoretisch abscheidbare Drahtlacke ist anders als derzeit verwendete und benötigt komplett andere Produktionsmaschinen. Der Temperaturindex der Isolierschicht ist auf 130 ºC beschränkt. Mehr als 50 % der Drähte erfordern jedoch eine Temperaturbeständigkeit bis zu 200 ºC.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Minderungen der Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Hoher Energieverbrauch.

**Betriebsdaten:** Beim Auftrag wasserbasierter Drahtlacke ist die Schichtdicke beschränkt und erfüllt nicht die steigenden Anforderungen an die Drahtverarbeitung durch den Kunden. Zusätzlich dazu konnte keine große Anzahl von Schichten aufgebracht werden. Wegen geringer Leistung, hohen Kosten, technologischen und Sicherheitsaspekten, konnte sich diese Alternative bisher nicht durchsetzen.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird nur für sehr dünne Schichten angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringer Kostennutzen. Die Einführung dieses Auftragssystems erfordert hohe Investitionskosten, zusätzlich ist die Produktionsgeschwindigkeit sehr gering für einen kontinuierlich laufenden Prozess.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.6.5 Selbstgleitende Beschichtungen

**Beschreibung:** Die äußere Schicht des Beschichtungssystem enthält auch das Gleitmittel (ein Spezialwachs).

**Erreichte Umwelteffekte:** Es werden Lösemittelemissionen aus einem separaten Gleitmittel-auftragsschritt vermieden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die gegenwärtig geringen Erfahrungen zeigen, dass diese Gleitmittel-enthaltenden Beschichtungen einen zusätzlichen Auftrag eines anderen Gleitmittels benötigen, um Reibung während des Wickelns zu verhindern.

**Anwendbarkeit:** Bisher wurde diese Technik nur für spezielle Kunden angewendet und befindet sich für andere Anwendungen in Entwicklung. Eine allgemeine Anwendung ist heutzutage wegen der Kundenanforderungen nicht möglich. Für Feindrähte ist der erreichbare Reibungskoeffizient schlechter als mit lösemittelbasierten Systemen. Es könnte aber eine Lösung des Lösemittelemissionsproblems innerhalb der kommenden 5 Jahre sein. Diese Alternative ist aber nicht bei Flachdrähten anwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Es gibt wahrscheinlich keine Auswirkungen, die Kosten der Lackschicht sind höher, aber es fallen keine Kosten für lösemittelbasierte Gleitmittel an.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllung der Anforderungen der EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [76, TWG, 2004]

## 3.4.7 Abgasbehandlung

### 3.4.7.1 Abgas aus dem Einbrennprozess

**Beschreibung:** Die zum Trocknen (z.B. Verdampfung oder Aushärtung) des Drahtlackes benutze Luft wird erfasst und abgesaugt (siehe Kapitel 20.11.2) und einer katalytischen Nachverbrennung zugeführt (siehe Abschnitt 20.11.4.6). Die behandelte heiße Luft wird in den Einbrennofen zurückgeführt. Die Lösemittelverbrennung liefert etwa 50 % der erforderlichen Energie für den Einbrennprozess. Ein gewisser Anteil des gereinigten Abgases wird kontinuierlich an die Umgegbungsuft abgegeben.

Die Verbrennungstemperatur beträgt normalerweise 500 bis 750 ºC.

Es wird mehr Energie eingespart, wenn die abgesaugte heiße Luft über Wärmetauscher zu Heizzwecken genutzt wird:

- für die in den Härteofen geführte beladene Raumluft
- für das Glühen der blanken Drähte
- für den Dampfgenerator.

Das Reingas nach der Behandlung des Abgases aus dem Einbrennofen zur Minderung von VOC kann hohe Gehalte an NOx aufweisen (siehe Abschnitt 3.3.3.1). Es werden aber keine Behandlungstechniken angewendet, da sie gegenwärtig nicht als technisch oder ökonomisch vertretbar für den Sektor angesehen werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die katalytische Nachverbrennung erreicht einen Wirkungsgrad von 97 %. Typische erreichte Emissionswerte aus der Produktion von Wickeldrähten sind 5 g VOC/kg Produkt für Drähte mit einem durchschnittlichen Durchmesser von größer 10 mm. Die Zerstörung der Lösemittel liefert etwa 50 % der erforderlichen Energie. Der Energieverbrauch wird auch gemindert, da weniger Frischluft beheizt werden muss.

**Medienübergreifende Effekte:** Emissionen von $NO_X$, CO und $CO_2$.

**Betriebsdaten:** Die Minderung des Abgasstroms ist begrenzt durch die Notwendigkeit, diffuse Emissionen aus den beiden offenen Seiten des Einbrennofens und das Risiko eines Brandes oder einer Explosion zu verhindern. Ein vernünftiges Sicherheitsniveau ist gesichert, wenn die kontaminierte Luft eine genügend große Menge an frischer oder zirkulierter Luft enthält, um das Überschreiten der unteren Explosionsgrenze zu vermeiden.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen. Die Technik wird allgemein als integrierter Teil des Ofens angewendet. Der Anschluss einzelner Maschinenteile ist nicht möglich, deshalb ist eine Nachrüstung des Ofens nicht möglich.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine kontinuierliche Behandlung der im Kreislauf geführten Umluft im Härteofen mit Katalysator spart durch die Lösemitteloxidation ektrische Energie (ungefähr 50 %).

**Gründe für die Einführung:** Einsparung von Energie und eine Minderung von Gerüchen der Abgase und von VOC-Emissionen.

**Beispielbetriebe:** Alle Anlagen.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [64, EWWG, 2004] [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 3.4.7.2 Gleitmittelanwendung

**Beschreibung:** Die diffusen Emissionen aus der Gleitmittelanwendung sind eine bedeutende Quelle von VOC-Emissionen aus der Wickeldrahtherstellung. Dennoch ist eine Absaugung und Behandlung dieser Emissionen technisch und ökonomisch nicht sinnvoll (siehe Betriebsdaten und Wirtschaftlichkeit unten). Um diese diffusen Emissionen zu verringern, wurde in den vergangenen 15 Jahren eine große Anzahl von Linien modifiziert, um konventionelle lösemittelbasierte Gleitmittel durch lösemittelfreie Materialien zu substituieren (siehe Abschnitt 3.4.5.6).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderungen von VOCs, wo lösemittelfreie Materialien diejenigen ersetzt haben, die Lösemittel enthalten.

**Medienübergreifende Effekte:** Weiterhin VOC-Emissionen aus konventionellen Systemen.

**Betriebsdaten:** Um einen Draht in der Raumluft zu trocknen, muss er horizontal über einige Meter bewegt werden. Das ist ein großer Raum für die Anwendung einer Absaugung. Der Gleitmitteltrocknungsprozess darf nicht in einem Einbrennofen erfolgen, da das im Gleitmittel enthaltene Wachs bei den hohen Temperaturen verbrennen würde. Ebenso ist es nicht machbar, die Abgase direkt zum Einbrennofen zu führen, da das eine zu große Menge an Kaltluft wäre, für einen fast geschlossenen Heißluftkreislauf hat. Das Ofendesign müsste komplett modifiziert werden (neue Anlagen), um dieses Luftvolumen zur Minderung eines begrenzten Betrages diffuser Emissionen zu bewältigen. Es würden z.B. nur 60 % der diffusen Emissionen gemindert aber mehrere hundert $m^3/h$ Luft mit geringer VOC-Konzentration bewegt (50 – 100 ppm).

**Anwendbarkeit:** Absaugung von Lösemitteln aus dem Gleitmittelauftrag wird im Allgemeinen nicht angewendet. Es wurde in Schweden und Italien mit unbefriedigenden Resultaten erprobt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die diffuse Emissionen aus dem Gleitmittelauftrag abzusaugen ist sehr teuer, wenn dazu der Ofen umgestaltet werden muss, ebenso ist es sehr teuer, dazu eine zentrale Behandlungsanlage zu verwenden, um die Lösemittel zu verbrennen oder zu entfernen. Jüngere Angaben zur thermischen Verbrennung und zu einem Verrohrungssystem berichten über Installationskosten von 300.000 bis 350.000 € für die gesamte Fabrik und zusätzlichen Betriebskosten von 40.000 bis 50.000 € pro Jahr.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [64, EWWG, 2004] [66, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

# 4 MANUFACTURING OF ABRASIVES

[12, UBA Germany, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 4.1 General information on the abrasives industry

### 4.1.1 Areas of application

Grinding is one of the oldest production processes. A principal characteristic of grinding is the effect of numerous, non-orientated cutting materials in the workpiece. Contemporary abrasive materials are synthetic corundum or silicon carbide often cubic boron nitride (CBN) or diamond.

A large variety of workpiece materials can be processed such as ferrous and non-ferrous metals, glass, ceramics, natural stone, concrete, plastics and wood. The application field of grinding is wide and includes activities such as rough grinding of cast iron or high accuracy grinding of tubular needles for medical purposes. Numerous products in tool manufacturing, construction of vehicles, aircraft, power plants or furniture only obtain their finish and high quality surface through grinding.

### 4.1.2 Production and sales

In Germany, currently more than 100 companies are manufacturing all kinds of abrasives. Therefore, around 70 enterprises are represented by the association of German abrasive manufacturers (VDS – Verband Deutscher Schleifmittelwerke).

According to VDS data, the German abrasive industry plays a leading role in Europe. Table 4.1 gives a rough overview of its economical importance.

| | **EUR million** |
|---|---|
| **Production of bonded abrasives** | **~ 305** |
| Imports | ~ 82 |
| Exports | ~ 170 |
| **Production of coated abrasives** | **~ 385** |
| Imports | ~ 205 |
| Exports | ~ 310 |

**Table 4.1: Abrasive production in 1999 in Germany**
**[12, UBA Germany, 2002]**

### 4.1.3 Characterisation of the product 'abrasive' and its quality demands

Basically, the production of abrasives can be distinguished between bonded abrasives 'grinding wheels' and coated abrasives 'abrasive paper and tissues'. Loose abrasives exist, which do not have any solid linkage to a backing (e.g. polishing pastes).

Figure 4.1 shows a simplified overview on the development and allocation of the different kind of abrasives.

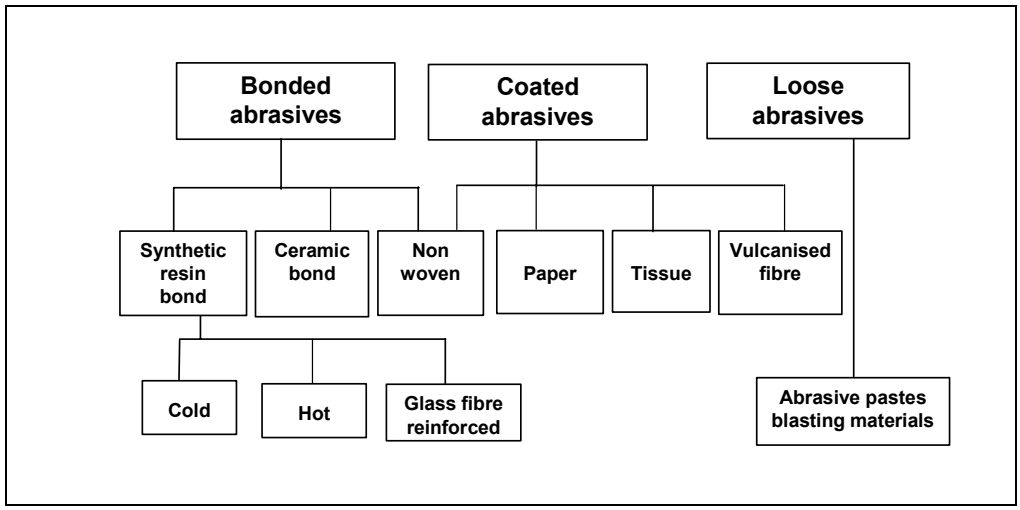


**Figure 4.1: Overview on different types of abrasives**
**[12, UBA Germany, 2002]**

Organic solvents are partially used in the fabrication of bonded and loose abrasives. It can be assumed that the German installations do not represent an activity in the sense of the IPPC Directive Annex I point 6.7. Consequently, production processes related to these activities will not be mentioned in the following paragraphs.

The activity of manufacturing coated abrasives may be subject to the IPPC Directive due to the use of considerable amounts of organic solvents and the threshold limits as set in the Directive. Coated abrasives are a basic material for many grinding machines with elements such as blades, stripes, page discs or assembled from those elements (e.g. peel shims, fan grinding wheels, belts). According to the purpose of use and basic material, a large number of bonding systems can be differentiated.

Non-woven abrasives take a special position between coated abrasives and bonded abrasives as they can be both used as an abrasive body as well as an abrasive element. They consist of polyamide fibres, e.g. to which the grinding material is fixed via bonding material. The production processes are comparable to the production of coated abrasives.

Coated abrasives are composed of:

- backing, e.g. paper, finished fabric, vulcanised fibre, film
- bonding material, e.g. glue systems, phenolic resin, epoxy resin, polyurethane, urea resin
- abrasive grain, e.g. flint, silicon carbide, corundum, zirconia alumina, seldom used: diamond and CBN.

#### 4.1.3.1 Backing

The term 'coated abrasives' refers to the importance of the backing. According to the purpose of use and the strain of a flexible abrasive, the backing has to show specific properties. For hand grinding or sanding, special flexibility and high buckling resistance are both required. For high performance grinding with abrasive belts, abrasive discs and cylindrical sleeves, excellent mechanical properties such as swell-resistance, tenacity, resistance against abrasion or alternating stress, are required.

To meet all these requirements, the following groups of backing materials are particularly used:

- paper
- fabric
- combination of paper/fabric
- vulcanised fibre.

Table 4.2 shows an example of a classification of the used backing materials:

| | **Weight class equipped (g/m²)** |
|---|---|
| A-paper | ≤ 85 |
| B-paper | 86 – 110 |
| C-paper | 111 – 135 |
| D-paper | 136 – 220 |
| E-paper | 221 – 270 |
| F-paper | 271 – 350 |
| G-paper | 351 – 500 |
| H-paper | >500 |
| A-paper water resistant | ≤ 115 |
| C-paper water resistant | >115 |
| Heavy cotton/X-weight | 370 – 400 |
| Flexible cotton/J-tissue | 270 – 290 |
| High flexible cotton/J-flex-tissue | 200 – 220 |
| Heavy polyester/X-tissue | 475 – 505 |
| Very heavy polyester/Y-tissue | 630 – 665 |

**Table 4.2: Selected backing materials for coated abrasives**
**[12, UBA Germany, 2002]**

**Paper**
The papers used in the production of coated abrasives consist of extremely firm and tenacious fibres. They are processed in different qualities, weights, sizes and widths according to the reason for their use. They can be distinguished between:

- flexible
- single layer paper with a homogenous tensile strength in any direction of straining
- heavy, multilayer cylinder paper which has an especially high stability in any direction of rolling (long direction).

All types of backings (A to F shown in Table 4.2) are adjusted to dry grinding. A- and C-papers with water resistant preservation (latex or varnish) are appropriate for wet grinding.

Abrasives on A-, B-, and C-papers are used in offhand grinding and for hand operated grinding machines (e.g. a grinding pencil). D- and E-papers are necessary as backings for stationery/fixed grinding machines up to the highest demand.

**Textile backing**
Textile backing is used for coated abrasives that are processed into wide bands or used in belt, surface and plunge grinding. They consist of fabric as a result of the high strain they are exposed to. These so-called 'technical fabrics' are made of raw cotton (woven or stitch bonded). They can be distinguished between heavy X-tissue and light J-tissue. This differentiation is made due to the thread layer that means the number of fibres used as the warp and weft. Heavy X-tissue has a comparatively low thread count, compared to the light J-tissue.

Before being treated with abrasive grains, the tissue has to be subjected to a special treatment. The raw tissue is first downsized and dyed and afterwards shrunk to its final density. The fabric is finished on its thrust face with adhesives, synthetic resins/plastics or similar substances and finally flattened.

**Vulcanised fibre**
Numerous industrial manufacturing processes require special high performance abrasives with a high wear resistance. In this case, vulcanised fibre is used as backing material. Vulcanised fibre is a very hard, multilayer fibre material. In the course of its fabrication, numerous non-woven-like paper webs are connected through flattening with a contact adhesive. Vulcanised fibre can be manufactured in every thickness. In the abrasive industry, the vulcanised fibre thicknesses of 0.8, 0.6 and 0.4 mm are the most important. The wider material is used for high wear resistance and the thinner material for larger flexibility. Abrasives applied mechanically to vulcanised fibre backing have an extremely high resistance to stress. They are applied in almost all industrial branches, e.g. in automotive, machines, ship or apparatus engineering.

#### 4.1.3.2 Bonding material

The efficiency of coated abrasives depends, to a large extent, on the bond (grain adhesion) of the abrasive grain. Consequently, bonding materials play an important role. In order to achieve a good adhesion of the grain and other required properties, the bonding materials are successively applied in several layers.

The following bonding materials are the most important:

- hide glue
- synthetic resin
- varnish.

With consideration of the used bonding agents, the following types of bonding systems are differentiated:

- glue bond (solvent-free). The bond consists of hide glue and the backing of paper or fabric. These coated abrasives are used for lower shear forces or if the long lasting utilisation of the material is not important (e.g. for the treatment of lubricating materials)
- partially synthetic resin bond (resin over glue, solvent-free). The abrasive bond system consists of a hide glue make coat and a size coat of synthetic resin. Abrasive papers or fabrics can be used universally, especially for medium grinding operations. Due to the elastic make coat of hide glue and the resistant size coat of synthetic resins, the qualities are very suitable for the surfacing of formed workpieces
- synthetic resin bond (solvent-free where possible). Abrasives for high stock removal capacity are bonded with synthetic resins. The abrasive grains are bound exceptionally well to fix to the backing by the comparatively strong resin bond. They are resistant to very high cutting forces. High performance rates can be obtained

- varnish, waterproof bond (solvent-based). Numerous workpieces and specific application methods require water-based cooling or rinsing agents. Therefore, the above-mentioned methods cannot be used because either the bonding material or the finishing will be dissolved by the cooling agent. In these cases, totally waterproof tissue qualities are required. As bonding materials, special synthetic resins are used. Such waterproof abrasives are applied for the wet grinding of steel, glass, ceramics, natural or artificial stone and plastics. For example, when grinding primers, fillers and clear or pigmented lacquers, often clogging or dusty grinding residues result. These load or glaze the abrasive. Therefore, it is necessary to work with waterproof abrasive papers in wet grinding. These papers have a flexible paper backing, which is impregnated with latex or lacquer to make them water resistant. The make- and size coat is made with special resins and lacquers. Waterproof abrasive papers are not only water resistant but also resistant against loading and glazing.

#### 4.1.3.3 Abrasive grain

**Aluminium oxide**

Table 4.3 shows typical values of alumina applied as inert abrasive grain.

| | Corundum (%) | Semi special fused alumina (%) | Special fused alumina rose (%) | Special fused alumina red (%) | Special fused alumina white (%) | Ceramic corundum | Zircon corundum (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 95.83 | 97.69 | 99.52 | 97.50 | 99.50 | 99.6 | 60.0 |
| $ZrO_2$ | - | - | - | - | - | - | 39.0 |
| $SiO_2$ | 0.60 | 0.38 | - | 0.02 | 0.05 | 0.07 | 0.30 |
| $TiO_2$ | 3.12 | 1.45 | - | - | 0.02 | 0.2 | 0.25 |
| $Fe_2O_3$ | 0.10 | 0.15 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0.25 |
| $Na_2O$ | - | - | 0.18 | 0.3 | 0.30 | 0.01 | 0.03 |
| CaO | 0.05 | 0.03 | - | - | 0.05 | 0.01 | 0.09 |
| MgO | 0.20 | 0.15 | - | - | 0.01 | 0.015 | 0.02 |
| $CrO_2$ | | | 0.25 | 2.0 | | | |
| Others | 0.10 | 0.15 | - | 0.13 | 0.02 | 0.075 | 0.06 |
| Colour | Dark brown | Light brown | Rose | Ruby red | White | White | Light grey |

**Table 4.3: Alumina applied as inert abrasive grain (typical values)**
**[12, UBA Germany, 2002]**

**Silicon carbide**

Table 4.4 shows typical values of silicon carbide applied as abrasive grain.

| | Black SiC (%) | Green SiC (%) |
|---|---|---|
| SiC | 98.26 | 99.66 |
| Free Carbon (C) | 0.19 | 0.29 |
| Fe | 0.10 | 0.02 |
| Si | 0.19 | 0.03 |
| Others | 1.26 | - |

**Table 4.4: Silicon carbide applied as abrasive grain (typical values)**
**[12, UBA Germany, 2002]**

Table 4.5 shows the use of solvent attributed to the different products.

| Base | Product | Formed part | Application | Bonding material systems | Solvent |
|---|---|---|---|---|---|
| A-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls | Lacquer and wood grinding (paint) | Hide glue, synthetic resin bond | No |
| B-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls | Lacquer and wood grinding (paint) | Hide glue, synthetic resin bond | No |
| C-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls, belts | Lacquer, wood and metal grinding (machine) | Partial or complete synthetic resin bond | No |
| D-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls, belts | Lacquer, wood and metal grinding (machine) | Partial or complete synthetic resin bond | No |
| E-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls, belts | Lacquer, wood and metal grinding (machine) | Partial or complete synthetic resin bond | No |
| F-Paper | Dry grinding paper | Sheets, rolls, belts | Lacquer, wood and metal grinding (machine) | Partial or complete synthetic resin bond | No |
| A-Paper waterproof | Wet grinding paper | Sheets | Common grinding of lacquer (hand) | Synthetic resin bond | Yes |
| C-Paper waterproof | Wet grinding paper | Sheets, belts | Common grinding of lacquer (hand)<br>Machine grinding | Synthetic resin bond | Yes |
| X-tissue cotton | Dry grinding; wet grinding | Sheets, rolls, belts | Grinding of metal, glass, wood (machines) | Synthetic resin bond | Partially |
| J-tissue cotton | Dry grinding | Sheets, rolls, belts | Grinding of metal, glass, wood (machine) | Synthetic resin bond | Partially |
| J-flex-tissue | Dry grinding | Sheets, rolls, belts | Grinding of metal, glass, wood (machine) | Synthetic resin bond | Partially |
| X-tissue polyester | Dry grinding; wet grinding | Sheets, rolls, belts | Grinding of metal, glass, wood (machine) | Synthetic resin bond | Partially |
| Y-tissue polyester | Dry grinding; wet grinding | Sheets, rolls, belts | Grinding of metal, glass, wood (machine) | Synthetic resin bond | Partially |

**Table 4.5: Use of solvents in manufacturing attributed to products**
**[12, UBA Germany, 2002]**

### 4.1.4 Quality requirements

The most important quality criterion is the retaining of the standardised grain size. Toughness, hardness, low dust content, no components of quartz or fibrous parts, and the grain structure are also important. Quality requirements that arise from customers are:

- range of flexibility
- non-allergenic properties for hand-wet grinding
- the amount of grains applied to the abrasive for very fine grains.

Due to these requirements, the use of organic solvents is currently necessary in the case of abrasives for wet grinding.

## 4.2 Applied processes and techniques in abrasives manufacturing

### 4.2.1 Process overview

Coated abrasives are produced in the following way:

- coating of a backing with bonding materials
- electrostatic or mechanical grain coating as specified in Section 4.1.3
- pre-drying
- repeated coating with bonding materials
- drying.

Differences in the procedures include the type of drying ovens (festoon drier or tensionless drier), the application procedure and the waste gas treatment (biological treatment, thermal combustion or without any treatment).

Solvent coatings are more frequently used in the production of jumbo rolls to self-adhesive products or endless abrasive belts.

Coated abrasives with constant quality are manufactured in production plants with high production levels. Such plants usually consist of the following units:

- base coat part (maker)
- pre-drier
- size coat part (sizer)
- drier
- spooler.

In the first step, the reverse side of the backing is printed in the so-called ‘maker’ with the required information (e.g. brand and quality labels). Afterwards, the make coat is applied on the front side of the backing. Then it is coated with abrasive grains. In the second part of the plant – the pre-drier – hot air dries or hardens the make coat. In the third production unit – the ‘sizer’ – the backing that is now coated with abrasive grains is furnished with a size coat. In the fourth unit, the hot air heated drier can be found and the finished abrasive material runs through it for a specific time. After this procedure, the material leaves the plant dried and cured and is rolled up into large rolls (jumbo rolls).

A multitude of electronic and thermal measuring units control the whole procedure and ascertain specific tolerance limits. Among other things, this refers to the grain coating of the backing.

### 4.2.2 Detailed process steps

Figure 4.2 shows an overview of a typical plant.

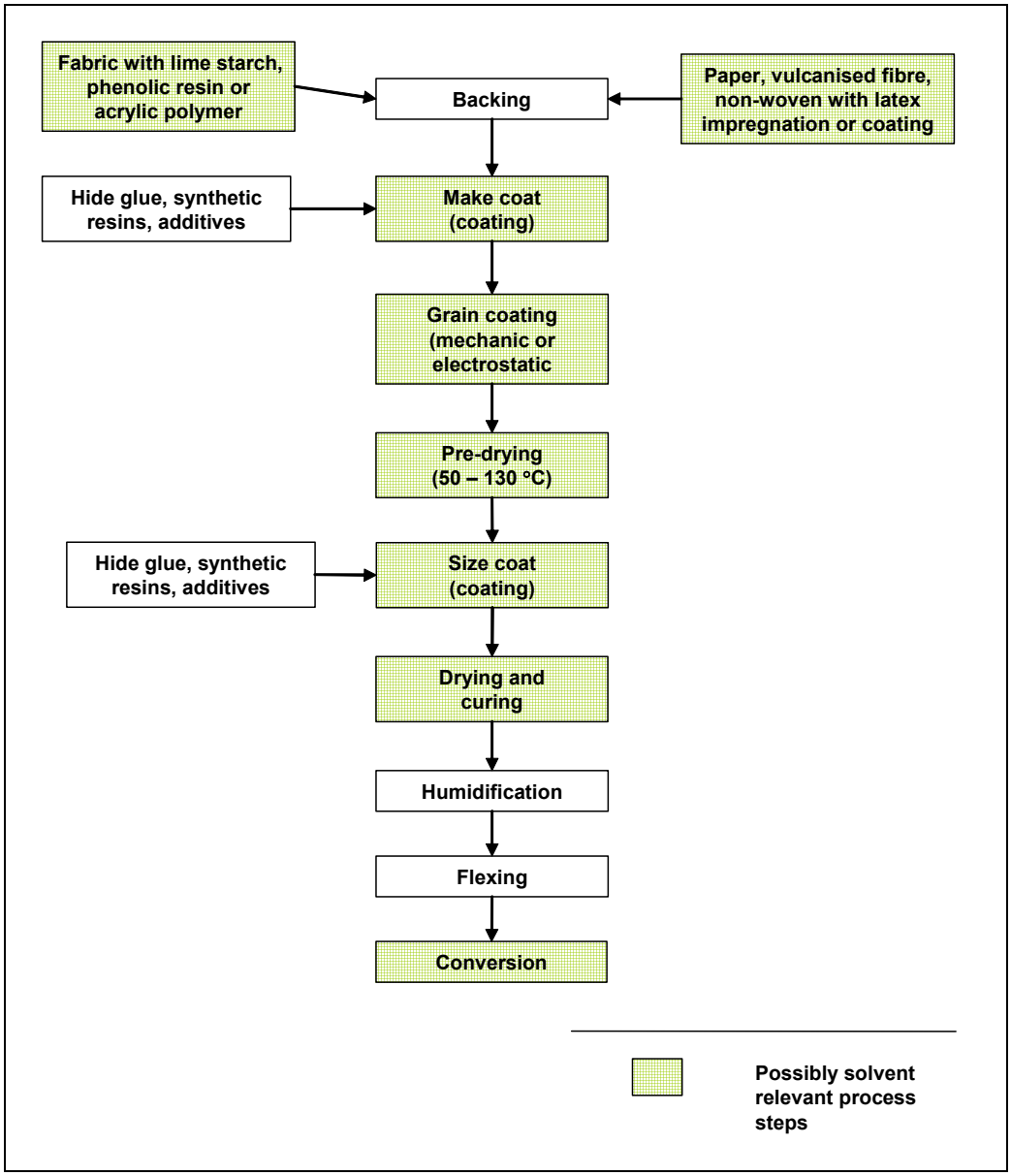


**Figure 4.2: Schematic process flow for coated abrasives**
**[12, UBA Germany, 2002]**

#### 4.2.2.1 Pretreatment of backings

The pretreatment is an optional process step in an abrasive production plant.

**Paper**
Depending on the further application of the paper, the pretreatment differs. For example, the backing for waterproof abrasive papers is impregnated with long chain alkyd resins. Latex dispersion sometimes used in combination with water dilutable phenolic resins (for better heat resistance) may be a solvent-free alternative.

**Fabrics**
The following fabrics are used as backing:

- cotton
- synthetic
- mixed (cotton and synthetic).

The modification of the bonding material for the tissue depends on the requested (mechanical) flexibility of the product. Phenolic resins, caoutchouc (natural rubber) or dispersions of synthetics are the common materials for this purpose.

**Vulcanised fibre**
Vulcanised fibre is commonly not pretreated.

#### 4.2.2.2 Coating of the backing with bonding materials

The backings are coated with the bonding material in a coating machine, e.g. by means of a spreader roll (application of the make coat).

Depending on the application profile of the abrasive, there are different bonding materials. In addition to natural products such as hide glue and starch or resins (e.g. epoxy, urea, alkyd and polyurethane resins), phenolic resins are mostly applied. The advantages of phenolic resins compared to other bonding materials are a better adherence, a lower sensitivity against humidity and a higher thermal resistance. Aqueous phenolic resins are often preferred to the slightly more flexible products with a solvent content because of their easier handling process.

The drying and hardening process is carried out in the festoon pre-drier. The backing material runs in large loops over sticks through the various temperature zones of the drier or hardener, which is heated with circulating hot air. Thus, a specific dwell time corresponding to the bonding material is guaranteed.

If necessary, the web is stretched at the end of the drier. For the final imbedding and fixing (size coating), several binding layers may be applied.

The conclusive hardening of phenolic resins is carried out at temperatures up to a range of 100 to 140 °C, depending on the bonding and the abrasive grain. This procedure takes places in a drying channel (such as in predrying) or after spooling in the hardening oven.

#### 4.2.2.3 Coating of the backing with grain

**Electrostatic grain coating**
The backing runs through an electrostatic field. The side with the make coat is positioned downwards. At the same time, the abrasive grain runs for a certain distance under the coated backing on a conveyor belt. When the abrasive grain enters the electrostatic field, it is charged and thus attracted by the backing above. It reaches the coated backing and trickles into the make coat. During this process, the grains are oriented with its sharp ends vertical to the backing. As a consequence, the abrasive obtains outstanding cutting characteristics.

**Mechanical grain coating**
Before the electrostatic grain coating, the coated abrasives were coated with the so-called ‘gravity grain coating’. This procedure is still in use in some special fields. The abrasive grain falls over a hopper and free falls onto the make coat coated backing. Most of the grain clings in the binding layer. The surplus grain falls into a collecting funnel when the direction of the backing web is changed. From there, the abrasive grain can be recycled and used again.

**Other coatings**
For special applications where fine grain sizes are needed, the abrasives are coated in a third procedure – the elutriating process. The grain, polish powder or filling material is directly added to the bonding material. In a sizer, the well mixed mass runs over reverse rolls and is applied to the backing material. The application of a make coat is not necessary here.

#### 4.2.2.4 Flexing

After the spooler, the rolls of abrasive tissue, paper or fibre (jumbos) have to be further treated in order to guarantee the quality of the products depending on its further purpose. To this end, the rigid coating with grain and bonding materials is rendered flexible after hardening and conditioning. Depending on the kind of abrasive used, there are several particular methods for flexing. They can be differentiated between 90°-flexing and cross-flexing. For the 90°-flexing, the non-sprinkled side of the abrasive is drawn over a flexing roll.

The degree of flexing depends on the radius of the flexing roll. The flexing is realised according to the specific purpose and properties of each abrasive. When the layer of the bond material and the abrasive grain is broken due to the very high flexing, this leads to reduced abrasive capacity of the product.

### 4.2.3 Components of installations and required differentiation

The described processes are typically realised in installations with the components listed in Table 4.6:

| | |
|---|---|
| **Unrolling** | Unroll stands with a working width of 900 to 1650 mm and a speed of 10 to 50 m/min are in use |
| **Printing** | Usually two to three printing rolls are used |
| **Roll coating (alternative: spraying)** | Realised through a two printing roller with ladle tank or alternatively with jet spraying |
| **Grain coating field (electrostatic or mechanic)** | Use of a grain coating field with plate capacitor (around 30 kV or more voltage) or grain coating hopper (hopper gate on the backing) |
| **Drier (loop drier or tensionless drier)** | Temperature of 35 to 110 °C (in the loop drier, the coated web runs through in loops; in the tensionless drier, the web is transported flat without contact through the drier) |
| **Humidification** | Usually at the end of the drier in a vapour zone |
| **Spooling** | Realised through a running lap winder |
| **End drying** | Use of a small dimensioned drier, usually with the capacity for single jumbo rolls |
| **Exhaust air treatment** | Application of dust separators and thermal or regenerative post-combustion at 700 °C (or higher) with or without energy recovery (depending onsite-specific circumstances and energy or heat demand) |
| **Water treatment** | Biological water treatment plant or bioreactor |
| **Flexing** | Flex machines consisting of unrolling, flexing rods (the web runs with the back side in a narrow angle over the flexing rod in order to make the product flexible), roll up |
| **Conversion** | Glueing of abrasive belts to overlapping endless belts is prepared in machines for cutting into sections before glueing under pressure and heat in pressure units. PU-glues containing solvent may be used. Cutting and punching devices produce sheets, discs and rolls |

**Table 4.6: Components of installation and differentiation**
**[12, UBA Germany, 2002]**

**System differentiations related to explosion protection**
It is usually necessary to install explosion protection equipment around the applying units and the open run of webs. The applying units and the open run of webs are equipped with properly working suction units. Monitoring takes place by suitable measures appropriate to the site-specific conditions.

Where required, all electrical equipment is explosion protected according to these guidelines. All loop driving devices are situated outside the loop zone. The loop zone is exclusively indirectly heated.

The maximum speed of the production line is controlled to 50 % of the LEL of the substance with the lowest flashpoint.

In order to achieve a negative pressure and to guarantee the 50 % LEL, the drier is constantly driven with a determined exhaust air amount.

The waste gas streams are collected and led to the waste gas treatment installation. The air streams are monitored. The grain coating room is equipped with an extraction unit and monitored as well.

The coating machines along with the electrostatic grain coating installations are protected by fire extinguishing systems.

The pre- and the main drier are completely protected by inner fire extinguishing systems (dry ascending pipes).

## 4.3 Current consumption and emission levels in abrasives manufacturing

### 4.3.1 Mass balances

In Table 4.7, Table 4.8 and Table 4.9, mass balances of three existing plants are shown. Table 4.7 shows the mass balance of an abrasive production plant with a typical product mix of different binding types:

- hide glue (solvent-free)
- partial synthetic resin (solvent-free)
- synthetic resin (almost solvent-free).

The balance has been established on real values with specific values related to 10 kilotonnes final product per year. The capacity of this plant corresponds approximately to this amount. The output values are half hour mean values.

| Input | | Output | |
|---|---|---|---|
| **Raw materials** [1] | | | |
| Paper/fabric | 4701 t/yr | Product | 10000 t/yr |
| Abrasive grain | 3214 t/yr | Waste for combustion | 77 t/yr |
| Bonding material including phenols and other synthetic resins | 2436 t/yr | Waste for disposal | 37 t/yr |
| | | Hazardous waste | 116 t/yr |
| **Solvents** [2] | | | |
| Water | 827 t/yr | Water | 827 t/yr |
| Organic solvents[3] | 275 t/yr | Fugitive emissions of VOC | 38 t/yr |
| | | TOC after thermal post-combustion | <20 mg/m$^3$ |
| | | $NO_X$ after thermal post-combustion | <100 mg/m$^3$ |
| | | CO after thermal post-combustion | <100 mg/m$^3$ |
| | | Relative oxygen of a thermal or regenerative post-combustion | 18 – 21 % |
| **Energy (in kWh/yr)** | | | |
| Electric current | 3007243 | | |
| Gas | 21871076 | | |
| Hot water | 16379075 | | |

Note: [76, TWG, 2004]
[1] The input of raw material adds up to 10351 t and the output only to 10230 t (mass balance is not closed)
[2] Similarly with the organic solvent (input 1102 t, output 865 t)
[3] Differences in the mass balances are due to the combustion of solvents and other additives in the waste gas treatment systems [128, TWG, 2005]

**Table 4.7: Mass balance of abrasive manufacturing in plant 1**
**[12, UBA Germany, 2002]**

Table 4.8 shows the mass balance of plant 2, where only fabric is assembled by means of preservation. The manufactured fabric is used as backing for coated abrasives. Light and heavy cotton and also heavy polyester fabrics are impregnated. The values shown are exclusively values of the fabric impregnation. The mass balance has been established on real values with specific values related to 10 kilotonnes final product per year. The capacity of this plant is about 5 kilotonnes final product per year. The corresponding abrasive production is carried out in plant 3, which is described in Table 4.9.

| Input | | Output | |
|---|---|---|---|
| **Raw materials** [1] | | | |
| Raw fabric | 8101 t/yr | Impregnated fabric | 10000 t/yr |
| Corresponding to $m^2$/yr | 24261025 | Corresponding to $m^2$/yr | 24261025 |
| Phenolic resins | 1002 t/yr | Hazardous waste | 185 t/yr |
| Latices | 2104 t/yr | Waste for disposal | 133 t/yr |
| Hide glue/starch | 585 t/yr | Waste for further treatment | 484 t/yr |
| Additives | 670 t/yr | Paper waste | 117 t/yr |
| **Solvents** [2] | | | |
| Organic solvents[3] | 125 t/yr | Fugitive emissions of VOC | 12 t/yr |
| | | TOC after thermal post-combustion | <20 mg/$m^3$ |
| | | $NO_X$ after thermal post-combustion | <100 mg/$m^3$ |
| | | CO after thermal post-combustion | <100 mg/$m^3$ |
| | | Dust | <10 mg/$m^3$ |
| | | Relative oxygen of a thermal or regenerative post-combustion | 18 – 21 % |
| **Accessory agents** | | | |
| Water ($m^3$/yr) | 101630 | Waste water | |
| | | Manufacturing | 46750 $m^3$/yr |
| | | Cooling | 8794 $m^3$/yr |
| | | Vapour | 21752 $m^3$/yr |
| | | Sanitary | 7692 $m^3$/yr |
| | | Cleaning | 16639 $m^3$/yr |
| **Energy (in kWh/yr)** | | | |
| Energy | 46258325 | | |

Note: [76, TWG, 2004]
[1] The input of raw material adds up to 12462 t and the output only to 10919 t (mass balance is not closed)
[2] The same with the organic solvent (input 125 t, output 12 t).
[3] Differences in the mass balances are due to the combustion of solvents and other additives in the waste gas treatment systems [128, TWG, 2005]

**Table 4.8: Mass balance of impregnation plant for the manufacturing of abrasives in plant 2 [12, UBA Germany, 2002]**

Table 4.9 shows the mass balance of plant 3, which is a production site for coated abrasives. It comprises several machines, however without pretreatment of the backings. The production includes hand grinding and dry grinding papers, waterproof paper and tissue abrasives, light and medium as well as heavy fabric qualities and abrasive non-woven products. The balance has been established on real values with specific values related to 5000000 $m^2$/yr final product. The capacity of this plant is slightly above this amount. Output values are half hour mean values.

| Input [1] | | Output [1] | |
|---|---|---|---|
| **Raw material** | | | |
| Impregnated backing | 5000000 m²/yr | Product | 5000000 m²/yr |
| Abrasive grain | 992 t/yr | | |
| **Solvents** | | | |
| Organic solvents[2] | 259 t/yr | Fugitive emissions of VOC | 30.1 t/yr |
| | | TOC after thermal post-combustion | <20 mg/m³ |
| | | $NO_X$ after thermal post-combustion | <100 mg/m³ |
| | | CO after thermal post-combustion | <100 mg/m³ |
| | | Dust | <10 mg/m³ |
| | | Relative oxygen of a thermal or regenerative post-combustion | 18 – 21 % |
| Phenolic and other resins | 520 t/yr | | |
| Latices | 22.2 t/yr | | |
| Accessory agents | | | |
| Water | 32063 m³/yr | | |
| Energy | | | |
| Gas and current | 34831581 kWh/yr | | |
| Note: [76, TWG, 2004]<br>[1] The mass balance is not closed<br>[2] Differences in the mass balances are due to the combustion of solvents and other additives in the waste gas treatment systems [128, TWG, 2005] | | | |

**Table 4.9: Mass balance of abrasive manufacturing in plant 3**
**[12, UBA Germany, 2002]**

### 4.3.2 Consumptions

See Section 4.3.1 for the consumption of raw materials, solvents, water and energy.

### 4.3.3 Emissions

#### 4.3.3.1 Emissions to air

**General background on industries using adhesives**
In the SED, the manufacture of abrasives is grouped with other industries using adhesives. Other relevant industries that are:

- addressed in this document: the production of adhesive tapes, abrasives, the transportation sector (passenger cars, commercial vehicles, rail vehicles, and aircraft), and the wood material and furniture industry
- not addressed in this document: composite foils, mobile homes, the manufacture of shoes and leather goods.

Abrasive manufacture cannot be disaggregated from the following data, but it does provide some background. At EU-25 level in 2000 (according to the RAINS model) NMVOC emissions were 257.6 kt representing 2.4% of total NMVOC emissions. Total activity was 680 kt of adhesives used, and the average emission factor is about 378.8 g NMVOC/kg of adhesives meaning that emissions from this sector are already partly treated* in EU-25 (the untreated* emission factor being 780 g/kg). EGTEI estimate reductions achievable across all the industries using solvent to be 76 to 98 %; however, it is not known how representative this is of abrasive manufacture. (*Treated/untreated in this context means not only waste gas treatment but also other measures to reduce VOC emissions).

**Specific data for the manufacture of abrasives**
Examples of emissions from three plants in Germany are given in Section 4.3.1.

After waste gas treatment, the emission levels achieved are <20 mg organic carbon/$m^3$, 100 mg CO/$m^3$ and 100 mg $NO_X$/$m^3$. The maximum limits for phenol and formaldehyde (20 mg/$m^3$) are also kept.

#### 4.3.3.2 Emissions to water

Waste water arises from the cleaning of machine parts, mainly containing phenol and fluoride. The following waste water treatments are normally carried out before discharge to a municipal waste water treatment plant:

- neutralisation
- fluoride precipitation
- filtration
- biological treatment.

The techniques mentioned above are described in detail in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006] and in the CWW BREF [67, EIPPCB, 2003].

The following emission levels or lower are achieved:

- total phenol 75 mg/l
- volatile in steam phenol 20 mg/l
- fluoride 40 mg/l
- sulphate 200 mg/l
- iron 1 mg/l
- aluminium 1 mg/l
- zinc 1 mg/l.

#### 4.3.3.3 Waste

According to the product spectrum, waste arises during conversion in the form of cuttings (e.g. edges, punchings). In some cases, a proportion of these cuttings may be separated, recut and sold.

## 4.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für die Herstellung von Schleifmitteln zu berücksichtigen sind

Die in Kapitel 20 diskutierten Verfahren können auch bei der Herstellung von Schleifmitteln Anwendung finden. Tabelle 4.10 zeigt die allgemein relevanten Techniken für das Herstellen von Schleifmitteln. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich der Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagmentprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/ Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagment | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Lackierprozesse und anlagen | 20.7 |
| Trocknen | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Substanzen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubminderung | 20.14 |
| Geruchsminderung | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 4.10: Verweis auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

Die EGTEI-Zusammenfassung für die industrielle Anwendung von Klebstoffen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, es werden nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [134, EGTEI, 2005].

### 4.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Bindemittel

**Beschreibung:** Lösemittelbasierte Bindemittel werden da angewendet, wo Werkstücke oder Beschichtungsmethoden eine Wasserkühlung erfordern, z.B. beim Nassschleifen von Stahl, Glas, Keramik, natürlichen oder künstlichen Steinen oder Kunststoff. Die erforderliche wasserfeste Qualität des Schleifpapiers kann nur durch Verwendung von lösemittelbasierten Bindemitteln erreicht werden.

Das am meisten verwendete Harz ist Phenolharz. Andere sind Epoxydharze, Polyurethan und Harnstoffharze. Es wurden keine Informationen zum Gehalt an organischen Lösemitteln zur Verfügung gestellt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Es ist allgemeine Praxis, die lösemittelhaltigen Abgase zu behandeln.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird allgemein angewendet. Lösemittelbasierte Bindemittel sind notwendig für die Herstellung von Nassschleifmitteln

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004]

## 4.4.2 Substitution konventioneller lösemittelbasierter Bindemittel

### 4.4.2.1 Lösemittelfreie Bindemittel

**Beschreibung:** Lösemittelfreie Bindemittel sind Hautleim und Stärke und halbsynthetische Teilkunstharze. Im Falle von Gewebe können letztere für spezielle Produktqualitäten in Betracht kommen. Harze werden normalerweise angewendet, da sie eine bessere Haftung haben, geringer empfindlich gegenüber Feuchtigkeit sind und einen höheren thermischen Widerstand besitzen. Wasserbasierte Phenolharze werden wegen ihrer einfacheren Verarbeitung häufig gegenüber etwas flexibleren lösemittelbasierten Produkten bevorzugt.

Wasserfeste Qualitäten für Schleifpapiere können nur mit lösemittelbasierten Bindemitteln erreicht werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen treten nicht auf.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Für die Herstellung von Nassschleifmitteln sind lösemittelbasierte Bindemittel erforderlich. Lösemittelfreie Bindemittel werden für die Herstellung von Trockenschleifpapier allgemein verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004]

## 4.4.3 Trocknen

### 4.4.3.1 Konvektionstrockner

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.8.1.1. Schlaufentrockner oder spannungslose Trockner werden allgemein bei Temperaturen von 35 - 110 ºC angewendet. Durch einen Schlaufentrockner läuft das beschichtete Gewebe in Schlaufen durch. Bei einem spannungslosen Trockner wird das Gewebe flach und ohne Kontakt durch den Trockner geführt. [12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.3.2 Elektromagnetisches Trocknen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.4. Elektromagnetische Trockner, z.B. Hochfrequenztrockner (HF), werden allgemein bei wasserbasierten Beschichtungen angewendet.
[12, UBA Germany, 2002]

## 4.4.4 Abgasbehandlung

### 4.4.4.1 Interne Lösemittelaufkonzentrierung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.3.1. Dies wird allgemein angewendet zur Erhöhung der Wirksamkeit der Lösemittelminderung in der Abgasbehandlungsanlage. Die maximale Geschwindigkeit der Produktionslinie liegt bei 50 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) der Substanz mit dem niedrigsten Flammpunkt. An dieser Grenze wird die Geschwindigkeit elektronisch begrenzt. Um einen Unterdruck zu erzielen und 50 % der UEG zu garantieren, wird der Trockner konstant mit einem bestimmten Betrag an Abluft betrieben.
[12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.4.2 Einhausung und Erfassung des Abgases

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.2. Die Abgase aus den Bereichen, in denen die Bahn offen läuft, aus Anlagenbereichen, wo das Bindemittel aufgebracht wird, und aus dem Trockner werden erfaßt und zur Abgasbehandlungsanlage geleitet. Diffuse Lösemittelemissionen werden auf eine Spanne von 9.6 - 13.8 % der gesamten eingesetzten Lösemittelmenge gemindert.
[12, UBA Germany, 2002] [128, TWG, 2005]

### 4.4.4.3 Trockenfiltersysteme

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.3.6. Es werden verschiedene Typen von Schlauchfiltern angewendet. Die erreichbaren Emissionswerte hängen von der Art des Staubes, der Filterkonstruktion und dem Filter selbst ab. Eine statische Staubkonzentration von <10 $mg/m^3$ ist erreichbar. Typisch sind aber 20 $mg/m^3$.
[12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.4.4 Thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.4.2. Bis zu Abgasvolumen von 66000 $Nm^3/h$, kann diese Anlage Emissionswerte von <20 mg VOC/$m^3$ erreichen (als Halbstundenmittelwert).
[12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.4.5 Regenerative thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.4.4 und 20.11.4.5. Dies wird allgemein angewendet zur Behandlung des Abgases aus dem Trockner, den Bereichen, in denen die Bahn offen läuft und Anlagenbereichen, wo das Bindemittel aufgebracht wird.

Während der Produktion kann die regenerative Nachverbrennung gewöhnlich autotherm laufen (oberhalb 2 – 3 $g/m^3$ organische Lösemittel im Abgas). Bei Abgasvolumen bis zu 66000 $Nm^3/h$, kann die Anlage Emissionswerte von <20 mg C/$m^3$, <100 mg CO/$m^3$ und <100 mg $NO_X/m^3$ erreichen (als Halbstundenmittelwerte). Werte für Phenol und Formaldehyd von <20 $mg/m^3$ sind erreichbar.
[12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.4.6 Biologische Behandlung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Kapitel 20.11.8. Diese Technik wird manchmal zur Behandlung des Abgases aus dem Trockenofen angewendet.

[12, UBA Germany, 2002]

### 4.4.5 Abwasserbehandlung

Siehe Abschnitt 4.3.3.2.

# 5 MANUFACTURING OF ADHESIVE TAPE

[14, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005] [184, AFERA, 2005]

## 5.1 General information on the manufacturing of adhesive tape

Adhesive tapes are used in many different industries such as packaging, vehicle production, electrical equipment, construction, furniture and paper industries as well as for the do-it-yourself market. Each industry has a wide range of different requirements for product applications and properties that have to be met. In the vehicle industry for example, adhesive tapes are used for attachment of parts onto outer surfaces of car bodies, for abrasion protection, for caulking small openings, for wrapping cables, for masking during painting and for supporting functions during assembly.

Depending on the use, widely different requirements concerning product properties have to be met, such as adhesive strength, resistance against temperature, mechanical rigidity, tensile strength, shear adhesion, etc. VOC emissions in the production of adhesive tapes originate from the application of solvent-based adhesive systems and the application of auxiliary material containing solvent such as release agents and primers.

Due to the range of products and production techniques, installations usually specialise in certain types of products. Some installations, specialise in using adhesive systems based on solvents. In these installations, significant amounts of VOC are used as solvents in the adhesive systems, in auxiliary materials such as release agents and primers and as cleaning agents. In most cases, the amount of solvents used exceeds the threshold of 200 t/yr.

In 2003, 45 installations in Europe produced about 3300 million m² of these solvent-based adhesive tapes. They share a proportion of about 40 % in the total European adhesive tape production.

The other part of the European adhesive tape market is covered by product groups for other purposes or with other properties. They are produced in installations using adhesives based on hot melt, water-based dispersions and UV cross-linking adhesives. These installations use no or only very small amounts of VOC (usually for cleaning).

### 5.1.1 Applications of pressure-sensitive adhesives

The selection of the solvent-based adhesive system depends on the technical application of the adhesive tapes. Table 5.1 gives an overview of different applications of adhesive tapes and the adhesives most commonly used.

| Tape use | Application | Solvent-based pressure-sensitive adhesive |
|---|---|---|
| Packaging | Adhesive labels, adhesive tapes for packaging | Natural rubber adhesives, (SB) |
| Automotive industry | Transfer adhesive tapes for decorative strips and flank protection strips, insulating slabs, assembly aids for wheel case covers and skirt side panels, adhesive tapes for winding wire harnesses | Natural rubber adhesives, esters of acrylic acid and acrylates |
| Construction industry | Foamed plastic adhesive tapes for sealing of windows, caulking of construction splices and expansion joints, carpeting adhesive tapes, etc. | Acrylate dispersions |
| Medicine | Medical tapes, adhesive plasters | Pure acrylates, polyacrylates |
| Furniture industry | Transfer adhesive tapes for mirrors, etc. | Acrylate adhesives |

**Table 5.1: Applications of solvent-based pressure-sensitive adhesives for adhesive tapes [14, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]**

## 5.2 Applied processes and techniques in adhesive tape manufacturing

### 5.2.1 Construction of adhesive tapes

Solvent-based adhesive tapes consist of a substrate, a coupling agent, a pressure-sensitive adhesive and releasing agents. The substrates used are: paper (widely used), fabrics, polyvinyl chloride foils, polyester, polyamide and aluminium. Products can be classified as transfer adhesive tapes (double-sided adhesive tapes), adhesive tapes for packaging purposes and adhesive tapes for coating purposes.

For the production of one-sided adhesive tapes, a pressure-sensitive adhesive is applied onto a substrate. Adhesion of the adhesive layer onto the substrate is improved by a physical surface preparation or an application of primers. For the production of double-sided adhesive tapes, a pressure-sensitive adhesive is applied onto both sides of the substrate. A releasing agent is applied onto one of the adhesive layers in order to avoid contact between the adhesive layers.

### 5.2.2 Materials for the production of adhesive tapes

Pressure-sensitive adhesives are organic compounds with a high self strength that have a high adhesive strength with different surfaces at the same time. Unlike other adhesive systems, the plastic adhesive film is also active in dry conditions. The adhesive shows visco-elastic behaviour and can be considered as a fluid with a very high viscosity. A classification of pressure-sensitive adhesives is shown in Table 5.2.

| Type of adhesive | Caoutchouc adhesive | Acrylate adhesive | Other pressure-sensitive adhesives |
|---|---|---|---|
| **Adhesives using solvents in production** | | | |
| Dissolution in organic solvents | Natural rubber (NR), butadiene styrene (SBR), styrene isoprene styrene block copolymer (SIS) | Pure acrylate, polyacrylate | Polyurethane, neoprene |
| **Adhesives not using solvents in production** | | | |
| Dispersion in water | Styrene butadiene styrene block copolymer (SBS), SBR latex, carboxylated (CSBR) | Pure acrylate, polyacrylate | Polyvinyl acetate, acrylate, ethylene vinyl acetate (EVA) |
| Hot melt | Styrene isoprene styrene block copolymer (SIS), butadiene styrene copolymer (SBR), styrene butadiene styrene block copolymer (SBS) | Polyacrylate | No application |
| Systems with 100 % solids content, radiation curing or as two part system | Natural rubber (NR), butadiene styrene copolymer (SBR), styrene isoprene styrene block copolymer (SIS) | Pure acrylate, polyacrylate | Polyurethane, polyester, two part polyurethane |

**Table 5.2: Pressure-sensitive adhesives for the production of adhesive tapes [14, DFIU and IFARE, 2002]**

**Caoutchouc adhesives and resins**
Caoutchouc adhesives that are technically processed are natural rubber (NR) and synthetic caoutchouc adhesives such as butadiene styrene (SBR), styrene isoprene styrene (SIS).

For the production of natural caoutchouc systems, caoutchouc is dissolved in organic solvents together with resins influencing cohesiveness and adhesion (so-called 'tackifiers'). Other additives, such as agents preventing the ageing processes are also added. These adhesives are mainly used for plasters, but also for double-sided adhesive tapes, adhesive tapes for packaging and coating adhesive tapes.

**Acrylate adhesives**
Adhesive tapes are coated with acrylate adhesives especially for long-term or exterior use. Acrylate adhesives dominate the field of assembly application due to their higher thermal and chemical resistance as well as higher cohesion compared to caoutchouc adhesives. Solvent-based adhesives are dissolved in organic solvents (e.g. benzene, ethyl acetate or toluene). The solvent-based acrylate adhesives possess higher cohesiveness than water-based.

**Other pressure-sensitive adhesives**
Thermoplastic elastomers, polyurethanes, as well as neoprene are also used for the production of adhesive tapes for special applications.

**Solvents**
Solvents for pressure-sensitive adhesives are aromatic and aliphatic solvents with a boiling point of between 60 and 120 °C as well as mixtures of these components. Solvent proportions in adhesives ready for application range between 60 and 75 %. High solid systems with solid proportions over about 60 % are used in some cases.

**Non-solvent adhesive tapes**
(Note the comments in Section 5.1 about installations using specific processes).

Synthetic caoutchoucs are applied as hot melts without solvents. For the production of such synthetic caoutchoucs, resins and other auxiliary materials are mixed in the melt, for example, in continuously working extruders and then coated as a melt. The thermoplastic behaviour of the compound is reversible.

Acrylate adhesives can also be applied as water-based dispersions, as 100 % solid systems (as UV cross-linking compounds).

**Auxiliary materials**
Coupling agents allow a failure-free unwinding and restripping of the adhesive tape by increasing the adhesion between the pressure-sensitive adhesive and the substrate. The coupling can be realised by application of a primer layer. Primers are applied dissolved in organic solvents. Common low emission techniques for surface treatment are corona discharge, flamming and low pressure plasma surface preparation.

**Releasing agents**
Releasing agents are used to prevent adhesion of the pressure-sensitive adhesive to the surface of the adhesive tape. Silicones are applied as releasing agents for acrylate adhesives and synthetic caoutchoucs. For natural caoutchouc adhesives, systems containing stearyl groups are also in use. Most of the releasing agents are applied as solutions.

**Impregnating agents**
Impregnating agents are applied for surface refinement of smooth, absorbent papers in order to increase the wet strength and mechanical rigidity. For this process, polymer dispersions containing water are used based on SBR acrylate, acrylate as well as acrylate-natural caoutchouc systems for special applications.

**Cleaning agents**
Usually, the same solvents are used for the different cleaning activities as are used in the adhesive systems, both for cleaning during production or for maintenance.

### 5.2.3 Production process of adhesive tapes

[128, TWG, 2005] [184, AFERA, 2005]

The production process can be subdivided into three main steps:

- coating: surface treatment of the substrate and the coating of the sheet-like substrate with the adhesive
- drying (cross-linking) of the adhesive
- winding.

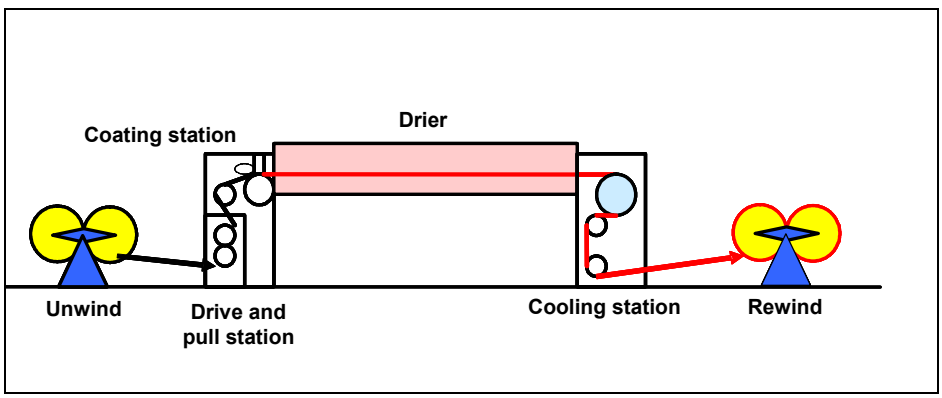


**Figure 5.1: Schematic layout of an adhesive tape production line [184, AFERA, 2005]**

In addition, in (nearly) all solvent-based installations, the following auxiliary processes are installed:

- storing the adhesive components
- adhesive mixing
- waste gas treatment (of gas of the drier)
- slitting the rewound tape.

This section describes the production steps of adhesive tape production which may have an impact on the environment.

**Coating**

The application of a solvent-based pressure-sensitive adhesive can be carried out by different application techniques. Doctor knife systems or reverse-roll-coat systems as shown in Figure 5.2 are commonly used.

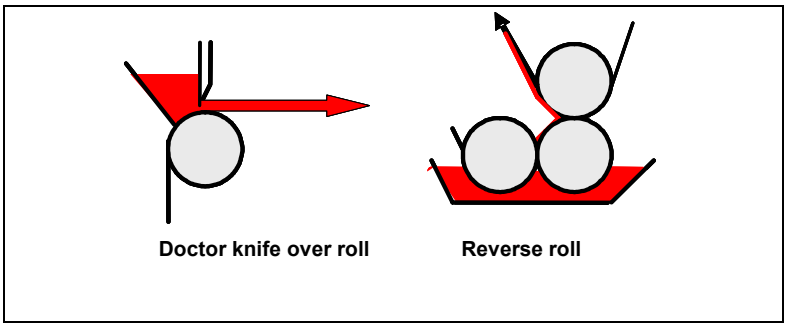


**Figure 5.2: Different types of adhesive application units**
**[184, AFERA, 2005]**

The adhesive material can be applied directly onto the substrate. An alternative is the transfer technique, where the pressure-sensitive adhesive is dried onto the releasing material and cross-linked. Afterwards, the adhesive film is transferred onto the substrate by lamination, therefore the substrate has to be protected from damage during the drying process. Lamination can be carried out with coating directly to a transfer release liner and laminating with a backing as shown in Figure 5.3.

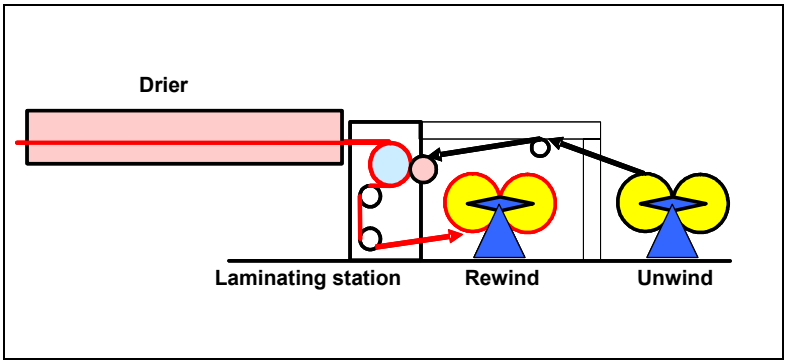


**Figure 5.3: Lamination unit**
**[184, AFERA, 2005]**

The formulation of the adhesives is often situated close to the application process. Different mixing facilities are used for different types of adhesives:

- granulated rubber, resins and other additives are put into a kneader filled with solvent. This is a slow batch processing for adhesives with a high viscosity
- granulated rubber, resins and other additives are put into a high speed mixer filled with solvent. The mixer has different mixing blades inside. This is a short batch process for a lower viscosity adhesive
- acrylic adhesive is made in batches in polymerisation stations. The reaction is based on a catalyst in the mixer, and is controlled by temperature and pressure.

Fugitive VOC emissions in these first steps of production may arise from the following processes or units:

- storing of solvents or pre-products containing solvent
- formulation of the adhesives in the mixing units
- leading the adhesives to the application machine
- the application unit of the primer
- the adhesives application unit.

Some of the fugitive emissions from these sources are captured and led to a waste gas treatment unit.

Waste results from mixed but used adhesives and from cleaning of the mixing facilities.

Normally there is no waste water from these processes.

**Drying**
Solvent-based adhesives are dried thermally by convection driers and infrared driers. Any cross-linking can be carried out chemically or by UV radiation in order to improve technical properties. The air of the convection driers is heated with gas, oil or steam via heat exchangers.

The main drier equipment for solvent-based systems is differentiated by airflow and material transportation:

- in a tangential airflow drier, the material is transported by rolls
- in a single side drier with nozzles over rolls, the material is transported by driven rolls
- in a transport belt drier, the material is transported by a belt
- in an air floating drier, the material is transported by specially designed air nozzles
- in a festoon drier long loops are hung on poles which move slowly through a sealed room.

The VOC evaporating from the adhesive layer during drying is captured with part of the exhaust air from drier. For safety reasons, a maximum solvent concentration is maintained in the exhaust air, calculated using EN 1539. The safe working level maintained is 50 % of the lower explosion limit. A reduction of the solvent concentration of the drier's air is controlled by the air flowrate. If gas-tight inert gas driers are used, higher solvent loads are possible. The load depends on the solvents used and the drying temperature.

The exhaust air of the driers is usually cleaned by solvent recovery. This is carried out by condensation in the pre-drying stage (captured fugitive emissions from the mixing and application units) and by adsorption on activated carbon in the drying stage. Solvents are recaptured by steam desorption and trapping.

There is no waste from the processes of drying and waste gas treatment. Minor amounts of waste water result from the desorption process in the waste gas treatment.

**Winding**
Before rewinding, the tape has to be cooled down in a cooling unit with cooling rolls. The cooling is done by the use of cooling water.

After cooling, the tape is rewound on large rolls ready for transport to the slitting process.

The solvent proportions remaining in finished double-sided adhesive tapes produced with solvent-based adhesives account for between 0.1 and 2 % based on the amount of solvent used. Solvents remaining in the products are either slowly lost due to diffusion processes or they remain in the adhesive layer functioning as a plasticiser.

At this stage of the production process, waste may result from faulty charges and as slitting rest. The amount of waste normally remains below 10 % of the material input.

There is no waste water.

## 5.3 Current consumption and emission levels adhesive tape manufacturing

[128, TWG, 2005] [184, AFERA, 2005]

**General background on industries using adhesives**
In the SED, the manufacture of adhesive tapes is grouped with other using industries adhesives. Other relevant industries that are:

- addressed in this document: the production of adhesive tapes, abrasives, the transportation sector (passenger cars, commercial vehicles, rail vehicles, and aircraft), and the wood material and furniture industry
- not addressed in this document: composite foils, mobile homes, the manufacture of shoes and leather goods.

Adhesive tape manufacture cannot be disaggregated from the following data, but it does provide some background. At a EU-25 level in 2000 (according to the RAINS model) NMVOC emissions were 257.6 kt representing 2.4% of total NMVOC emissions. Total activity was 680 kt of adhesives used, and the average emission factor is about 378.8 g NMVOC/kg of adhesives meaning that emissions from this sector are already partly treated* in EU-25 (the untreated* emission factor being 780 g/kg). The EGTEI data estimate reductions achievable across all the solvent using industries to be 76 to 98 %. It is not known how representative this is of adhesive tape manufacture. (*Treated/untreated in this context means not only waste gas treatment but also other measures to reduce VOC emissions).

**Specific data for the production of adhesive tapes**
The following tables and figures show basic consumption data and a mass balance for a modern reference plant producing high quality solvent-based adhesive tapes for very specific industrial uses.

| | |
|---|---|
| Production time | 20 shifts a week |
| Products | About 50 million $m^2$/year with about 75 % high coating weight |

**Table 5.3: Conditions of production for a solvent-based adhesive tape production plant**

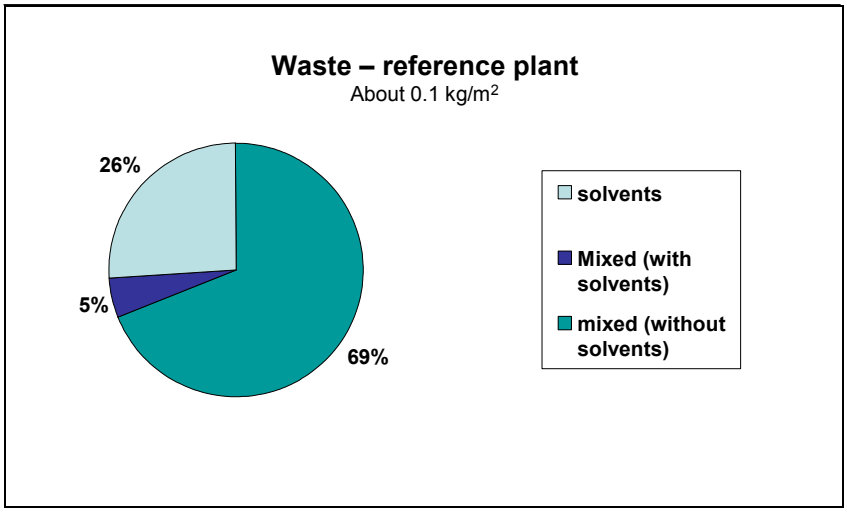


**Figure 5.4: Waste generation (2004)**
**[184, AFERA, 2005]**

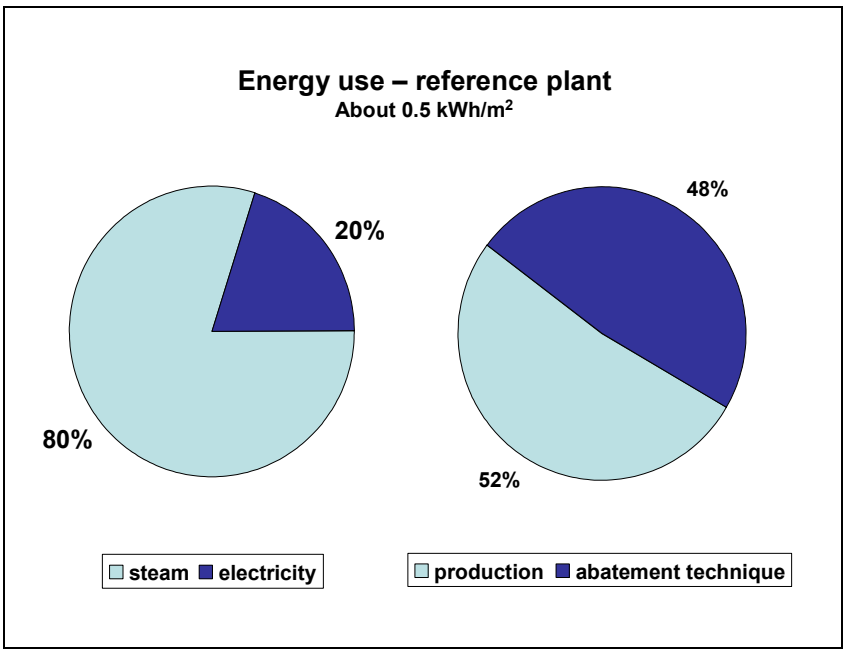


**Figure 5.5: Energy consumption (2004)**
**[184, AFERA, 2005]**

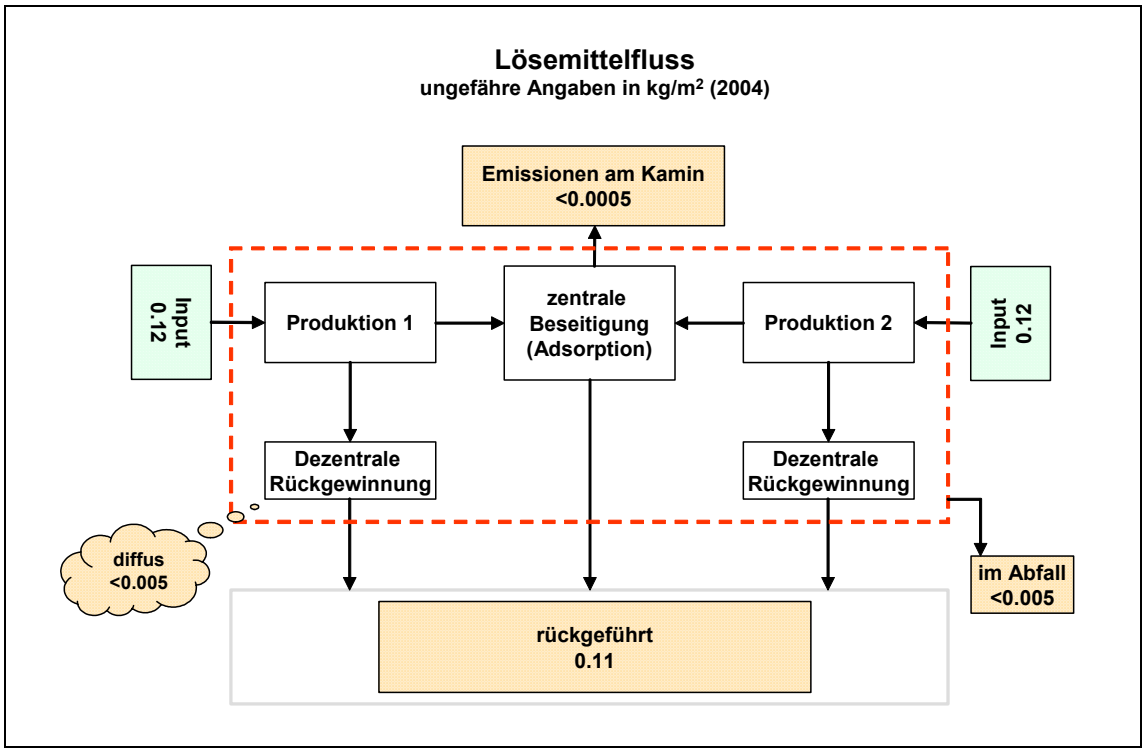


**Figure 5.6: Solvent flow (2004)**
**[184, AFERA, 2005]**

The amount of waste is reduced by:

- process optimisation by risk analysis (the FMEA process: failure mode and effects analysis) avoiding quality problems
- continuous process control to avoid non-conforming products
- optimisation of adhesive mixing to avoid excess materials with limited shelf life
- an efficient solvent recovery system.

A reduction of the energy consumption is gained by:

- the use of heat exchangers in the driers
- optimised insulation of the driers.

The specific consumption and emission values are significantly dependent on the types of manufactured tapes (type of solvent, substrate, coating weight) and will decrease with:

- a decreasing number of different products during the production period (longer campaigns)
- a lower share of double sided tapes in the production.

Table 5.4 shows the specific consumption figures of the reference plant in comparison with average data from other solvent-based productions.

| | Solvent used kg/m² | Energy used kWh/m² | Waste generated kg/m² |
|---|---|---|---|
| **Average data** (min – max) (normal production) | 0.04 (0.02 - 0.12) | 0.5 (0.25 - 1.1) | 0.03 (0.005 - 0.1) |
| **Reference plant** (special production) | 0.12 | 0.5 | 0.10 |
| Note: This table very clearly expresses the higher specific consumption of specialised production (as in the reference plant) compared with the average level of commodities produced in other solvent-based plants. | | | |

**Table 5.4: Benchmark comparison for solvent and energy used and waste generated**

### 5.3.1 VOC emission balance

The VOC balance for the described reference plant is presented in Figure 5.7 below.

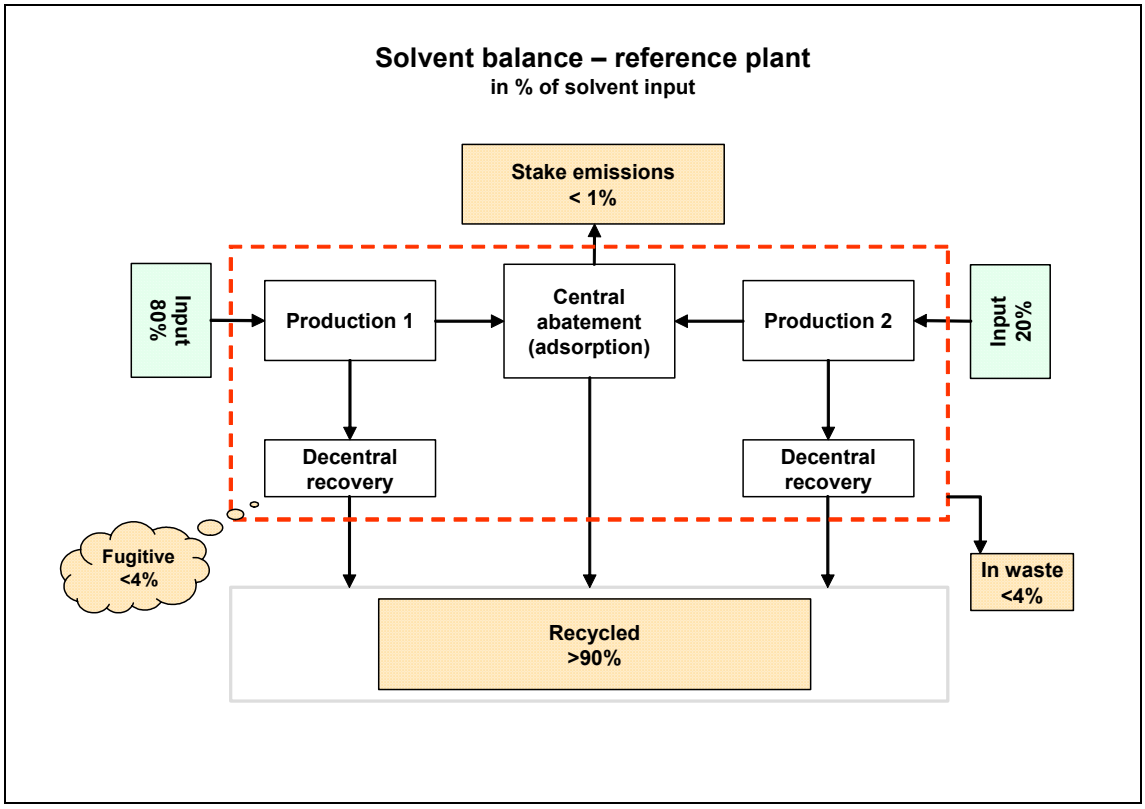


**Figure 5.7: VOC balance of the reference plant**
**[184, AFERA, 2005]**

As can seen from this VOC balance, the emission limits for such installations are low and emission values of 5 wt-% or less can be achieved. Important elements for gaining good emission values are:

- using non-solvent techniques for manufacturing suitable products (currently lower quality ranges of packaging and masking tapes, and double-sided tapes)
- capturing of emissions from solvent storing and adhesive mixing
- encapsulation of the whole coating machine and leading all emissions from all fugitive sources to the waste gas treatment. Waste gas treatment can be one or a combination of:
  - condensation, after a pre-drying step (see Sections 5.4.5.1 and 20.11.5.3, and Sections 5.4.4.1 and 20.8.1.2)
  - absorption with a recovery of >90 % and emissions of <1 % (see Sections 5.4.5.2, 20.11.6.1 and 20.13.7.1)
  - oxidation with energy recovery (see Sections 5.4.5.2, 20.11.6.1 and 20.13.7.1)
  - additional specific capturing of VOC emissions direct from the coating units (see Section 20.11.4)
- decreasing the number of different products during the production period (longer campaigns) avoiding the need for interim cleaning.

## 5.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Herstellung von Klebebändern zu berücksichtigen sind

Die in Kapitel 20 diskutierten Verfahren können auch bei der Herstellung von Klebebändern Anwendung finden. Tabelle 5.5 zeigt die allgemein relevanten Techniken für die Herstellung von Klebebändern. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieser Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die industrielle Anwendung von Klebstoffen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [134, EGTEI, 2005].

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagmentprogramme | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring/ Überwachung | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagment | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Lackierprozesse und anlagen | 20.7 |
| Trocknen | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Rückgewinnung von benutzter Aktivkohle in der Anlage | 20.13.7.1 |
| Geruchsminderung | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 5.5: Verweis auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 5.4.1 Konventionelle lösemittelhaltige Klebstoffe

**Beschreibung:** Zum Erreichen spezieller Eigenschaften müssen lösemittelhaltige Klebstoffe angewendet werden, z.B. um einen hohen Widerstand gegen Beanspruchung zu erreichen. Es gibt derzeitig keine lösemittelfreien Alternativen, die vergleichbare Eigenschaften haben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Weit verbreitet.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU and IFARE, 2002]

### 5.4.2 Ersatz konventioneller lösemittelhaltiger Klebstoffe (Substitution)

Es ist wichtig zu wissen, dass dies nur Möglichkeiten zur Produktion einer begrenzten Art von Klebebändern ist und nur in neuen oder modernisierten Betrieben, weil diese Substitutionen einen kompletten Wechsel der Ausrüstung erfordert [128, TWG, 2005].

#### 5.4.2.1 Hotmelt-Klebstoffe

**Beschreibung:** Hotmeltkleber enthalten keine Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen treten nicht auf.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen. Bei der Herstellung von Klebebändern mit geringen Qualiätsanforderungen für Verpackungs- und Abdeckklebebänder und bei doppelseitigen Klebebändern verwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 5.4.2.2 Wasserbasierte Klebstoffe

**Beschreibung:** Wasserbasierte Klebstoffe enthalten keine organischen Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen treten nicht auf.
**Medienübergreifende Effekte:** Es wird mehr Energie zur Trocknung benötigt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen. Bei der Herstellung von Klebebändern mit geringen Qualiätsanforderungen für Verpackungs- und Abdeckklebebänder und bei doppelseitigen Klebebändern verwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 5.4.2.3 UV-härtende Klebstoffe

**Beschreibung:** UV-härtende Klebstoffe enthalten keine Lösemittel

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen treten nicht auf.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Angaben übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Angaben übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen. UV-härtende Klebebänder sind für die Herstellung von Klebebändern mit geringen Qualiätsanforderungen für Verpackungs- als auch Abdeckklebebänder geeignet

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Angaben übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Angaben übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Angaben übermittelt.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU and IFARE, 2002]

### 5.4.3 Ersatz der Herstellung konventioneller lösemittelhaltiger Klebstoffe (Substitution)

#### 5.4.3.1 Lösemittelfreie Herstellung von Klebebändern

**Beschreibung:** Es wurde ein neuer Herstellungsprozess für technische Klebebänder in einer Herstellungslinie in einem Betrieb in Europa auf volle Produktionsgröße erweitert. Der neue Prozess basiert auf der Anwendung von Schmelzkleber, der an ganz spezifische Anforderungen der bisherigen lösemittelbasierten Produkte für Industriezwecke angepasst wurde. Das wurde durch Veränderungen des Produktes, Produktmarketing und intensive Produkt- und Anwendungsschulung der Kunden möglich, um die Akzeptanz des neuen Produktes und die Gebrauchstauglichkeit zu sichern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu lösemittelbasierten Prozessen werden die Lösemittelemissionen, der Lösemittelverbrauch und der Prozesswasserverbrauch auf Null gemindert. Der Primärenergieverbrauch ist auf 33 % reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Dieses Verfahren schließt die Vernetzung von Polymeren ein, was zu einer Ozonbildung führt. Die Ozonemissionen werden in einem Abscheider (Katalysator) zerstört und erreichen Emissionswerte von 0,05 ppm.

**Betriebsdaten**: Eine Reihe von Produkten kann mit diesem Klebstoffauftrag von 30 bis 110 g/m² hergestellt werden. Integrierte automatische Prozesse ohne manuelle Tätigkeiten erreichen eine hohe Materialeffizienz. Tabelle 5.6 stellt einen Vergleich von einem Prozess mit Naturkautschuk unter Verwendung von Lösemittel und einen lösemittelfreien Prozess mit Naturkautschuk in einem Betrieb dar. Die tatsächlichen Werte werden in Abhängigkeit vom hergestellten Produkt variieren.

| Energie | lösemittelhaltiger Prozess | lösemittelfreier Prozess |
|---|---|---|
| Dampf (t) zur Regeneration von Aktivkohle<br>(kWh)<br>entsprechender Verbrauch an Öl (t) | 25145<br>14.75 Mio.<br>rund 1700 | 0<br>0<br>0 |
| Elektrizität (kWh)<br>entsprechender Verbrauch an Öl (t) | 6.71 Mio.<br>rund 1650 | 4.5 Mio.<br>rund 1100 |
| Prozesswasserverbrauch ($m^3$) | rund 25000 | 0 |
| Gesamtenergieverbrauch (kWh) | 21.46 Mio. | 4.5 Mio. |
| Gesamtverbrauch als Öläquivalent (t) | rund 3350 | rund 1100 |
| Anmerkung: Der Energieverbrauch bezieht sich auf einen Produktionsausstoß von 100 Mio. $m^2$ | | |

**Tabelle 5.6: Vergleich zwischen Naturkautschukprozess unter Lösemittelverwendung und lösemittelfreiem Prozess**

**Anwendbarkeit:** Nicht alle existierenden Produkte können mit dieser neuen Anlage produziert werden. Es ist notwendig, Produktspezifikationen gemeinsam mit dem Kunden neu zu bestimmen, wenn ein Wechsel zu diesem Verfahren vorgesehen ist.

Die Anwendung des neuen Verfahrens erfordert grundlegende Änderungen in allen Teilen der Anlage. Es ist nur eine Option für neue Anlagen oder für welche, die einer umfassenden Modernisierung unterzogen werden.

Um die beschriebenen Vorzüge in der Effektivität zu erreichen, ist eine homogene Produktionspalette erforderlich.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten betragen für eine neue Anlage 13,4 Mio. € angegeben. Die Energieeinsparung beträgt ungefähr 66 %. Man hat keine Kosten für Abgasbehandlung, Monitoring oder andere Emissionskontrollmessungen usw., da diese nicht notwendig sind.

Diese Technologie kann nur in großen Anlagen wirtschaftlich betrieben werden.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie 1999/13/EC. Einsatz der neuen Technologie, um gegenwärtigen und neuen Marktanforderungen zu entsprechen.

**Beispielbetriebe:** Tesa AG, Hamburg, Germany.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005] [184, AFERA, 2005]

## 5.4.4 Trocknen

### 5.4.4.1 Inertgas-Konvektionstrocknung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.2. Die Technik wird allgemein als Vortrocknungsschritt bei der Herstellung von Klebebändern angewendet.
[14, DFIU and IFARE, 2002]

### 5.4.4.2 Infrarot-Trocknung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.1. Diese Trockner werden allgemein bei der Herstellung von Klebebändern angewendet und sind für Dispersionsklebstoffe und auch für lösemittelhaltige Klebstoffe geeignet, wenn ein Explosionsschutz erforderlich ist.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 5.4.4.3 Ultraviolett-(UV-) Härten

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.3. Eine UV-Härtung wird bei der Herstellung von Klebebändern zunehmend angewendet. Insbesondere wird sie für neuere Acrylatschmelzklebstoffe angewendet. Sie wird auch bei strahlenhärtenden Klebstoffen angewendet, wenn die abschließende Vernetzung und die Anpassung der technisch erforderlichen Klebkraft und Haftung durch UV-Strahlung initiiert werden.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 5.4.4.4 Elektronenstrahlhärtung (ES)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.4. ES-Härtung wird zunehmend bei der Herstellung von Klebebändern angewendet, aber wegen der höheren Investitionskosten weniger als die UV-Härtung (siehe Abschnitt 5.4.4.3). Und im Vergleich zur UV-Härtung sind Änderungen der Trägermaterialeigenschaften möglich.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002]

### 5.4.5 Abgasbehandlung

#### 5.4.5.1 Kondensation (Kühlung)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.5.3. Verwendete Lösemittel können durch Anwendung von Kondensation in einer rekuperativen Wärmetauscheranlage und Kühlung (5 bis -30 ºC) mittels eines Kühlkompressors zurück gewonnen werden. Bei der Klebebandherstellung wird die Kondensation nach dem Vortrocknungsschritt unter Verwendung eines Inertgas-Düsentrockners (siehe Abschnitt 5.4.4.1 und 20.8.1.2)und vor dem Haupttrocknungsprozess durchgeführt. Danach erfolgt ein Adsorptionsschritt für das Abgas.
[14, DFIU and IFARE, 2002]

#### 5.4.5.2 Adsorption an Aktivkohle und Rückgewinnung in der Anlage

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.6.1 and 20.13.7.1. Das mit Lösemittel beladene Abgas durchströmt den Adsorber, der im Allgemeinen aus mehreren parallelen verbundenen Behältern besteht. Die Behälter sind mit Aktivkohle gefüllt. Wenn ein Adsorber gesättigt ist, wird das Abgas in den benachbarten Adsorber geleitet. Zur Regeneration wird das adsorbierte Lösemittel durch Temperaturanstieg mittels zugeleiteten Dampfs desorbiert. Die dabei gebildete Wasser-Lösemittel-Mischung wird kondensiert und durch Phasentrennung getrennt. Im Reingas werden Emissionskonzentrationen von 70 - 90 $mg/m^3$ erreicht.
[14, DFIU and IFARE, 2002]

# 6 COATING OF CARS

[13, DFIU and IFARE, 2002, 68, ACEA, 2004] [117, ACEA, 2005] [128, TWG, 2005]

## 6.1 General information on the car industry

### 6.1.1 Production and sale figures

This chapter discusses the large-scale coating of passengers cars, in categories M1 (according to Directive 70/156/EWG) and the integrated environmental protection measures used. Some N1 vehicles (vans) which are produced in the same installations, may be based on cars and use similar production techniques.

The vehicle industry is one of the major manufacturing industries in Europe. In 2005, the whole of Europe (including Russia) produced 20.8 million motor vehicles, making Europe the world's largest producer with 39.6 % of the world total. Western Europe (EU-15 + EFTA) produced 16.5 million vehicles in 2005, which was 32 % of world production. About 1.2 million people are directly employed in vehicle manufacture and 0.8 million in manufacturing vehicle components (which contribute to industries in Chapters 13 and 16), accounting for 7 % of the EU-15 manufacturing industry (2003). The European industry contributes EUR 33500 million to the EU's trade balance.

Western Europe produced 14.3 million passenger cars, of which ACEA[10] members account for about 12.9 million with a turnover in Europe of EUR 452000 million. There are 154 car production plants in the whole of Europe (ACEA members: 106). In the EU-25, 18 countries have vehicle production plants. The top vehicle producing countries in Europe are shown in Table 6.1. Despite this dynamic overall situation, the industry is highly competitive, with over-capacity in Europe and production moving to Eastern Europe (including the new EU MS), as well as to Asia. Plants are closing or cutting production in some countries (see Table 6.1 and its notes) [152, ACEA, 2006].

| Vehicle assembly capacity in '000 of units | | 2004 | Estimate for 2009 |
|---|---|---|---|
| 1 | Germany | 6190 | 6398 |
| 2 | France | 4356 | 4500 |
| 3 | Spain[2] | 3329 | 3318 |
| 4 | UK[2] | 2632 | 2613 |
| 5 | Russia | 1874 | 2113 |
| 6 | Italy | 1803 | 1802 |
| 7 | Belgium | 1133 | 1222 |
| 8 | Turkey | 1003 | 1105 |
| 9 | Poland[1] | 847 | 654 |
| 10 | Czech Republic[1] | 534 | 854 |
| Notes:<br>(1) Changes by 2009: Poland drops out of the top 10; Czech Republic becomes 9th; Slovakia 10th at 811000 units<br>(2) Since this table was derived, in the UK, one large plant closed in 2005, and one will close in 2007. Other plants will cut shifts. One plant in Spain will cut production in about 2007. | | | |

**Table 6.1: Europe's top vehicle producers (Automotive News Europe 19 Nov 2004)**

[10] ACEA: European Motor Manufacturers Association

Investment cycles are a key factor for vehicle manufacturers. Clearly, the optimal time to make environmental investments is when the renewal of equipment takes place within the normal investment cycle. Generally, major investment cannot be made into an existing installation, except when opportunities for major modifications of the paintshop facilities arise. These opportunities tend to occur after the normal lifetime of the paintshop (between 20 and 40 years) or when there is a step change in production volumes, which is often associated with a new product launch.

Investment opportunities for existing installations are limited because the capital investment required is extremely high, between EUR 100 million and 500 million for a complete paintshop or, (if constraints such as time and space etc. allow) for the replacement of one spray booth, between EUR 15 million and 35 million. These investments are usually depreciated over 20 years.

Investment timing will depend on several factors, such as:

- new model programme
- age of existing equipment and design
- availability of time and/or space to upgrade
- size of the investment
- previous investments.

The average age of a car in Europe is 8 years, driving 15000 km a year. The durability of the car body is a major issue, and improvements in coating bodies and components in the last 20+ years has played a major part in extending car life from about 5 years, improving the lifetime sustainability.

The manufacture of cars represents a significant part of its consumptions and emissions during its life cycle. Energy consumption can be 5 to 15 % (according to different sources). Solvent emissions were about 300 gm/m$^2$ in the 1970s and have been steadily reduced by the techniques discussed in this chapter.

## 6.2 Applied processes and techniques in the car industry

### 6.2.1 Quality requirements

The following requirements have to be fulfilled by the coated car bodies and, therefore, by the paints:

- long-term protection against corrosion, weather, chemical influence (e.g. bird droppings, acid rain), chipping protection, sun, abrasion in car washes, etc.
- ideal optical surface properties: polish, colour depth, free of cloudiness, faultlessness, therefore producing homogeneity and a consistency in colouring and formation of effects (such as metallic finishes, etc.).

These high requirements can only be achieved by at least three, often four or maybe even five paint layers designed to complement each other. These are applied on body parts pressed and assembled from pretreated steels to increase the long-term corrosion resistance [59, EIPPCB, 2006]. In Europe, the following paint layer construction has become predominant:

- pretreatments are applied on plastics and body parts assembled from metals (e.g. steels are pretreated with phosphate to increase long-term corrosion resistance)
- cathodic electrocoating prime coating
- underbody protection/seam sealing
- primer
- topcoat (can be made up of base coat and clear coat)
- cavity conservation and, if necessary, conservation for transport.

First of all, the pretreatment removes dirt and oils from the pressed bodies and applies an anticorrosion phosphate treatment, which also assists subsequent paint adhesion. The cathodic electrocoat provides corrosion protection for interior and exterior areas including all cavities, overlapping regions and connections. The primer offers optical properties (masking of the sub-surface, gradient), protection against chipping and regulates adhesive strength. Topcoats may be one-layer or two-layer systems (base coat and clear coat), e.g. with metallic colours, painting effects (pearl shine) and sometimes with unicoloured paints. The topcoat provides optical properties (polish, colour, luminance) and offers essential protection against chemical and physical environmental attack (solar radiation, rain, chemicals, fuel, washers, mechanical stress) [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

### 6.2.2 Serial coating

In spite of serial coating processes being different between each factory (even of the same producer) certain common properties can be listed. The main steps include precleaning, phosphatisation, passivation, cathodic immersion prime coating, underbody protection and seam sealing, application of the primer, drying of the primer, application of topcoat and mostly of a clear coat (one- or two-layers), drying of the topcoat, cavity conservation, if necessary conservation for transport and repair of possible damage to the paint before assembly. Generally throughout Europe, two-layer topcoats with a base coat and clear coat instead of one-layer coats are applied. A general process procedure is shown in Figure 6.1.

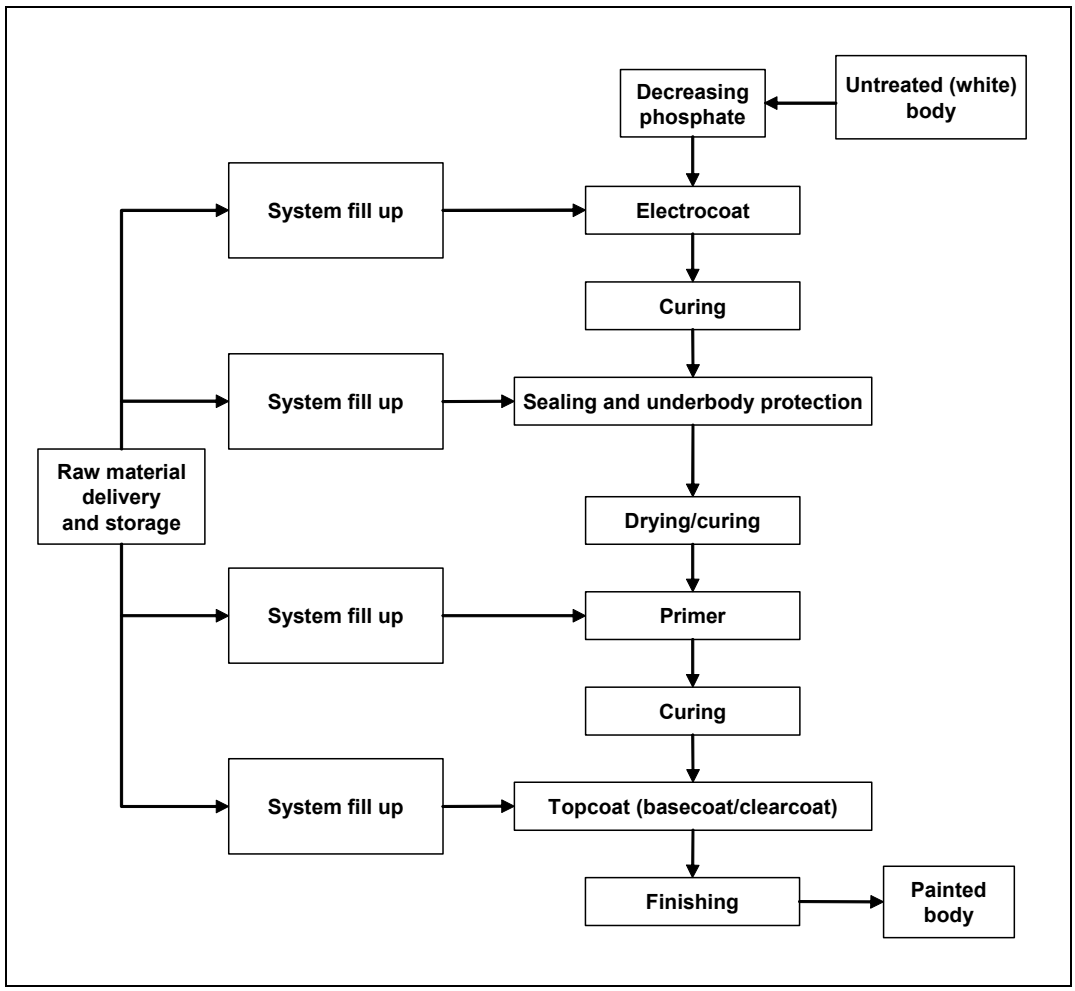


**Figure 6.1: Scheme of a typical vehicle body paint process**
**[68, ACEA, 2004]**

### 6.2.3 Applied coating materials

These are described in the coating processes, see Sections 6.2.4, 6.4.1 and 20.7.

### 6.2.4 Coating processes

#### 6.2.4.1 Coating application techniques

Serial painting of bodies in white (BIW)[11] includes electrocoat (cathodic immersion), sealing, prime coating, topcoat application and wax processes. Prime and topcoat processes utilise spray application techniques (predominantly electrostatic for external surfaces), which take place in specifically designed spray booths, with controlled dust proportion in the air, temperature and humidity. Topcoat booths are usually constructed with flash-off zones to optimise paint performance. The first flash-off being positioned between base coat and clear coat application, (for water-based paints, this process is usually accelerated by hot air and/or infrared radiators – 'forced flash-off') and the second, after clear coat and before entry into the stoving oven. Paint overspray is treated by means of thoroughly mixing the booth exhaust air with water (or alternative solution) in the venturi cleaner beneath the grating of the booth [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

[11] BIW is a standard term in the industry and refers to the bare metal shell of the vehicle before it has been degreased, dipped and painted.

In spraying, the most important nebulising techniques include [76, TWG, 2004]:

- compressed air spraying (effects such as metallics and interior)
- high rotation electrostatic spraying
- spraying by robots
- electrostatically assisted spraying with compressed air
- hot spraying
- rotational nebulising
- airless spraying.

### 6.2.4.2 Description of the process steps

Due to intensive research and development (ongoing) by the automotive industry, various advanced coating techniques are used throughout Europe. They are described in the following paragraphs [76, TWG, 2004].

#### 6.2.4.2.1 Pretreatment

Pretreatment techniques for degreasing, phosphating and other conversion coatings, with their rinsing and other associated techniques are discussed in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006].

At the first step, the bodies in white are degreased and subsequently well rinsed. The degreasing removes oils, greases, soaps, dirt particles, sanding residues, substances and other contaminants. It is carried out at a temperature of about 50 – 60 °C using aqueous, alkaline cleaning agents that may also contain phosphates and surfactants.

Phosphating follows, creating a substructure for corrosion protection and adhesion stability of the paint system. A phosphate layer with a thickness of about 1.5 µm is achieved by spraying or by immersion with a water-based solution. It may contain other metals, e.g. widely used tri-metal systems containing zinc, manganese and nickel, as well as calcium, phosphoric acid and oxidants, e.g. nitrite, nitrate, chlorate, hydrogen peroxide and hydroxylamine salt as an accelerator. After another rinsing process, the phosphating layer may be additionally passivated (such as with Cr(VI) or Cr(III) solution). Further rinsing is carried out, finishing with demineralised water. The phosphated body is usually dried, at a temperature of 50 – 60 °C, and is immediately transferred to the electrocoating zone (see Section 6.2.4.2.2).

Waste waters can be treated in typical waste water treatment plants (more information can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]).

Sludges formed in the process solutions require removal as part of the solution maintenance and are treated as wastes [76, TWG, 2004].

#### 6.2.4.2.2 Electrocoating

This is known by a varierty of names: e-coating, cathodic immersion, electrophoretic painting, etc. Nowadays, electrocoating is used almost universally throughout Europe as the primer coating for passenger cars, due to high quality requirements for corrosion protection. The water-based paint is applied by immersion and generally contains about 14 – 22 wt-% solids and about 2 – 6 wt-% solvent, and the pigments are lead-free. The solids are usually a latex polymer

dispersed in an acetic acid base (called ultrafiltrate, see below) and are applied in a process that is similar to electroplating.

Paint particles which have not been electrically deposited are removed by rinsing with ultrafiltrate. To minimise paint losses, the multiple rinsing systems (cascade rinses) are used and the solids and the liquid regenerated by ultrafiltration. The high solids part is returned to the immersion bath achieving a closed loop for the solids (more information can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]). The electrocoat requires curing, for example at 150 - 180 °C. Low-bake materials are under development. Except for the deletion of small imperfections, the priming is not subsequently sanded.

Waste waters from rinsing can be treated in typical waste water treatement plants [76, TWG, 2004] (more information can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]).

#### 6.2.4.2.3 Seam sealing and underbody protection

Before applying the primer, joints and folds need to be sealed. This is carried out partly by hand, partly by robots normally using various PVC materials applied with special guns. Also, the subsequent underbody protection coating is based on PVC plastisols (100 – 1200 µm) or on polyurethane. Generally it is applied by robots using airless techniques. An additional chipping protection is also partly applied onto critical areas by a sharply bordered airless spray jet. At some sites, materials for both underbody and chipping protection as well as for seam and cavity sealing, are applied in later steps of the production, sometimes after finishing the top layer at the final assembly section.

In a plant in Germany, the application of underbody protection is carried out by robots and is partly carried out on turned car bodies. This technique can only be applied in the case of a suitable underbody structure and stable longitudinal girders. Advantages are a reduction of overspray because of lower spraying pressure and a uniform, reproducible coating. Furthermore, the technology has ergonomical advantages for subsequent manual operations (Volkswagen AG, Wolfsburg).

The sealing and underbody protection materials are in some cases dried/cured prior to further processing. However, curing is increasingly carried out in the primer ovens, saving energy.

Before the application of the primer, the body is cleaned with a dust-attracting wipe, by blowing with ionised air or increasingly also with rolls of emu feathers, because particles can still have a detrimental effect on the future topcoating layer.

#### 6.2.4.2.4 Application of the primer

The primer has the following functions:

- filling of small unevennesses of the subsurface and preparation of the topcoat application
- guarantee of adhesion stability and achievement of a layer thickness required for achieving the desired quality
- protection against stone chipping
- UV protection for underlying electro-immersion layers.

Besides conventional primers containing solvents, water-based primers are also used. In the primer sector, the exterior surface coatings are generally applied electrostatically by high rotation nebulisers; if necessary, the primer is applied manually to some places (e.g. interior sections). After the passage to a short flashing-off area for solvent elimination, the primed bodies reach the filler drier (up to 140 - 160 ºC: it has to be less than the electrocoat temperature).

A reduction of the consumption of the subsequent base coat can be achieved by adjusting the primer colour to that of the base coat. In some cases, the base coat can be abandoned completely for interior applications.

For a couple of years, powder coat primers have been used in the US and in Austria (DaimlerChrysler, Graz). However, long-term experiences have shown that the required surface quality was not achievable this way (among other things, this is because of the high layer thickness) and high material consumption. However, one plant in Europe is now using powder primers successfully in five to six colours. Powder coatings slurried in water (powder slurries) that are processed like liquid paint are still at the development stage. They are currently used in top coating (see Section 6.4) [76, TWG, 2004].

#### 6.2.4.2.5 Cleaning

Before applying the topcoat, a complete cleaning is absolutely necessary. The following processes are commonly used: ionised air, blower, feather dusting, complete cleaning of the body including drying and cooling processes [76, TWG, 2004].

#### 6.2.4.2.6 Types of topcoatings and their application

Topcoats can be 1-, 2- or more coats.

**1-coat topcoat**
This procedure of 1-coat topcoating is only currently used in special cases with unicolours, and even in these cases, because of the durability and optical surface quality, more and more 2- or more layer coatings are used. For the coating of light commercial vehicles, 1-coat topcoats are still common, because customers require special colours.

1-coat topcoats can range from classical one part alkyl, polyester or acrylate burning-in systems towards higher cross-linking 1- or 2-component paints, often with isocyanate cross-linking. These systems exist for both water-dilutable as well as paints containing solvent. Only extremely light and weather durable compounds are used as pigments.

The topcoat material is applied predominantly with automatic, electrostatically assisted high rotation nebulisers, allowing fast changes of colour within only a few seconds. Pre- or after-spray of difficult to access parts is done manually (pneumatically). The required dry coat layer thickness (1-coat topcoat) of 35 - 50 µm is applied in one or two steps, if necessary with short intermediate flashing-off periods. Afterwards, the coating is burned in at about 130 - 140 °C (depending on the bonding agent) in the topcoat drier.

**2-coat (or 3-) topcoat**
In 2-coat topcoating, a colouring base coat is applied and is subsequently covered with clear coat. Unicolours are therefore more attractive as they gain in optical deepness; the coating is significantly more durable. Effect coatings and metallic coatings are applied in two steps: firstly, by high rotation electrostatic bells; secondly, pneumatically or electro-pneumatically.

The base coat is applied with a layer thickness of only 12 to 35 µm. The effective thickness depends on the masking efficiency of the colouring. Different primer colours can be used in order to increase the masking capability. Pearly coloured base coats containing glimmer or other special effect pigments as essential pigments generally do not mask and hence need an additional base coat layer as subsurface. This is typically a white base coat, whereas for an emphasis of interference effects, dark base coats are also used (‘3-coat topcoating’). Further new effect techniques, like the colouring of base coats or clear coats with soluble colours or the

usage of clear coats containing fluor (more strongly dirt-repellent) are only briefly mentioned here.

Unlike primers and base coat, there are no widely used water-based alternatives for conventional clear coats. Solvent proportions of conventional clear coats amount to about 53 to 57 %. High solids versions have a VOC content of 37 - 42 %. Many manufacturers use 2-component solvent-based clear coats with an increased non-volatile content of 60 - 75 % (with high solids). This layer is of milk-like white at first, it clears while drying and then the final colour appears. Modified bonding agents and curing systems as well as new component mixing technologies to enable the use of 2-part clear coats are currently under development in order to reduce emissions originating from clear coats.

At first, the interior surfaces of doors, engine compartments, tailgates and if necessary of the interiors are painted either manually or by robots. Following unicoloured base coats, clear coats and effect base coats (in the latter case only the first spraying process) can be applied principally with electrostatically assisted high rotation devices or pneumatic pistols. When using an electrostatically assisted device for applying metallic and pearl coatings, an additional pneumatically applied coating is necessary.

When using a waterborne base coat, an intermediate drying step is necessary. For conventional base coats, a short period of air circulation drying (the so-called 'wet-on-wet' technique) is sufficient.

Coloured coats (mainly base coats) require colour changes. Colour blocks are often less than two cars average. Even when the best techniques for recovery are in place, purging/rinsing of bells and guns contributes significantly to emissions when solvent-based paints are used. For water-based coats, purge liquids usually comprise 90 % water [76, TWG, 2004].

#### 6.2.4.2.7 Drying and curing

Drying speeds up vaporisation of solvents of the applied paint layer and includes curing of the paint layer by chemical reactions. Three types of drying can be distinguished:

- physical drying: the coating material is applied in a liquid state and solidifies to a solid coat by evaporation of the solvents
- chemical curing: the film that is usually already solidified after physical drying is cross-linked by chemical reactions. These reactions occur at higher temperatures and, therefore, need a specific thermal input. Additional heat can accelerate the reaction process within certain limits
- curing by reaction-drying: two or more reactive components are mixed in preset proportions before or during the application and they result in a solid film by chemical reaction. The systems may either be solvent-based or solvent-free. Usually, the reaction starts at an ambient temperature, and it can also be accelerated by heating.

In practice, convection driers, radiation driers or a combination of both systems are used, depending on quality requirements of the coating. The car bodies, heated during the drying process, generally have to be cooled prior to further processing. Therefore, they are cooled with air in cooling zones.

#### 6.2.4.2.8 Cavity conservation

The conservation of cavities consists of an application of a wax film sealed into the cavities (which exist for constructional reasons) of the girders and doors of the body for corrosion protection. It can be carried out according to the following two techniques:

- spraying: for every cavity there is at least one application hole (40 – 50 such holes in a body). Reproducible dosaging is achieved by preprogramming the volume applied. The spraying technique usually uses a material with 60 - 70 % wax content, which may be in aqueous emulsion. Spraying is at ambient temperature, followed by an oven to liquefy the wax to run into all areas
- flooding with solvent-free hot wax: hot wax (paraffin at 120 °C) is flowed into the cavities through automatically racked flooding nozzles. The cavities are filled according to the specifications. After the flooding process, the surplus wax flows through the leak openings back to the flooding basin and is re-used in the circulation of wax supply. The body is heated before flooding (50 to 80 °C) in order to obtain a remaining layer as thin as possible. This technique operates solvent-free.

#### 6.2.4.2.9 Rework

In spite of all the elaborate measures to prevent problems with dust, coating defects (dust dried in coats, mechanical damage, substances that interfere with wetting, etc.) are not completely avoidable. Faults are rectified by immediate sanding of the spot, and completely or partly topcoated, depending on the extent of the defect.

#### 6.2.4.2.10 Transport conservation

For protection of the vehicle during its transport, a variety of methods are used. Most manufacturers apply a wax protection layer: this can be solvent- or water-based. The solvent content (about 70 %) generally depends on the corrosion protection required and to some extent on the age of the application facilities available. These wax application facilities are not an integral part of the painting line, and may be located after the final assembly of the vehicle. If water-based wax is used, forced drying is required. Increasingly, foils are used for transport protection or the transport conservation is completely omitted [76, TWG, 2004].

## 6.3 Current consumption and emission levels in the car industry

The vehicle manufacturers' data for VOC mass emission figures from individual paintshops are generally comparable across Europe because they are standardised in line with the SED. However, data from sources such as materials/equipment suppliers or from outside the EU may not be comparable due to technical differences (e.g. colour change, cleaning solvents). Other consumptions and emissions are not readily comparable due to the diverging interpretation of the IPPC 'installation' among Member States. Nevertheless, the integrated approach in IPPC is very important and the impacts of each technique on other emissions and emissions to other media should also be considered in detail.

### 6.3.1 Mass balances

No information submitted.

## 6.3.2 Consumptions

### 6.3.2.1 Materials

Table 6.2 shows consumption of paint in grams per painted m² of the car's body surface area, where the VOC emission and the surface area are as measured according to the techniques described in detail in Annex 24.5. The consumption depends on the different paint systems and application systems, etc. It should be remembered that this is for information only, and cannot be a 'pick list' to select a paint system of the basis of consumption efficiency only. The paint process in each installation is highly complex and fully integrated comprising many integrated steps: each step influences others and different figures apply according to application techniques. Decisions about best options therefore cannot be taken on the basis of selecting each step individually.

| **Painting material** [4] | **Specific material consumption (g paint/m²)** [1][6] *except* [3] |
|---|---|
| Electrocoating: water-based, 5 wt-% organic solvents, solid content of 14 - 18 % | 70 – 80 |
| Primer: solvent-based, 45 wt-% organic solvents, electrostatically assisted spray application | 10 – 15 |
| Primer: water-based, 8 wt-% organic solvents, solid content of 50 – 55 %, electrostatically assisted spray application | 10 – 20 |
| 1-coat topcoat: solvent-based, 45 wt-% organic solvents, electrostatically assisted spray application | 35 – 60 |
| Base coat: solvent-based, 75 wt-% organic solvents, [5] electrostatically assisted spray application (60 %) and compressed air spray application (40 %) | 45 – 55 [2] |
| Base coat: water-based, 13 wt-% organic solvents, solid content 17 - 35 %, electrostatically spray application (60 %) and compressed air spray application (40 %) [5] | 45 – 60 [2] |
| Clear coat: solvent-based, 45 wt-% organic solvents, electrostatically assisted spray application | 20 – 30 |
| Clear coat: water-based, 14 wt-% organic solvents, solids content of 42 - 49 %, electrostatically assisted spray appication | 35 – 45 |
| Clear coat: powder-slurry, about 1 wt-% organic solvents, solids content of 38 % electrostatically assisted spray application | 42 – 46 |
| Clear coat: powder-based, solvent-free, electrostatically assisted spray application | 100 – 110 |
| Underbody protection and seam sealing | 6 – 12 kg/car body [3] |
| Transport and delivery protection | 6 |

[1] Electrocoated area as defined in the SED. This unit is valid for all cited paint systems except the underbody protection and the seam sealing; for the latter no area-related unit can be given
[2] For base coats with a solids content of 20 – 25 wt-% during processing
[3] kg/car body not g/m²
[4] Electrostatic applications expect to have higher application rates and pneumatic lower,
[5] The percentages relate to proportion of the film thickness achieved by the base coat film applied: 60 % reletes to using electrostatic high rotation bells (e.g. 9 µ) verses 40 % by pneumatic application (e.g. 6 µ). Repairs by pneumatic spraying show visible differences of metallic finishes applied by electrostatic coating, so serial coating using pneumatic sprays makes repairs during lifetime easier.
[6] Measured according to the techniques described in detail in Annex 24.5.

**Table 6.2: Specific paint consumption of several paint systems**
**[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

### 6.3.2.2 Water

The main water using areas are:

- pretreatment (degreasing)
- conversion coatings (phosphating and passivation)
- electrocoating
- cleaning of the spray booth exhaust air.

The primary use of water is in rinsing off materials prior to the next process: a small amount is used for topping up from evaporation, and making new solutions. Water management and saving techniques for these are described in detail in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]. These include multistage rinsing, techniques to minimise water use, recovery of water and raw materials, and are equally applicable to electrocoating. Consumption ranges associated with BAT given in the STM BREF are: 3 – 20 l/m$^2$/rinse stage.

The painting department of a major German company has reduced water consumption by about 70 % down to 3 litres/m$^2$ due to the use of all possible water saving techniques, such as closed loops and multiple stage cascade systems in the rinsing zones of the pretreatment and the electrocoating primer installations. This included installing a new phosphating plant. Assuming this included three rinse stages (one each for degreasing, phosphating, electrocoating), then the consumption range associated with BAT given in the STM BREF would be 9 - 60 l/m$^2$.

Spray booths have a curtain of water catching overspray. These are normally a closed loop of the water circulating in the booth, with paint coagulation. The waste is a sludge-like coagulate and little waste water is generated. The booths require emptying occasionally for cleaning, and need some water to replace evaporative losses.

Water can be used for cooling. This is discussed in the CV BREF [126, EIPPCB].

### 6.3.2.3 Energy

| **Typical energy consumption of car paintshops** | |
|---|---|
| **Production capacity** | 200000 cars/year |
| **Coating system** | Water-based filler and base coat, solvent-based 2K clear coat |
| **Energy consumption of paintshop** | **Units range** |
| **Total energy consumption (plant)** | 380000 – 580000 MWh |
| Energy consumption of paintshop (60 % gas) | 160000 – 240000 MWh |
| Paintshop as % of total plant energy | 38 – 52 % |
| | |
| **Energy consumption of paint processes** | **Range** |
| Pretreatment | 7 – 11 % |
| E-coating | 10 – 15 % |
| Seam sealing/underbody protection | 12 – 18 % |
| Filler | 12 – 18 % |
| Base coat | 15 – 22 % |
| Clear coat | 22 – 33 % |
| Cavity sealing | 2 – 2 % |
| Total | 80 – 120 % |
| Sources: Ökobilanz Lackierprozess (2003) (Krinke), Pers. Mittl. Hr. Engelmann, Oct 2005, ACEA 2005 | |

**Table 6.3: Typical energy consumption of car paintshops**
**[128, TWG, 2005]**

The painting process is one of the most energy intensive steps and is probably the most environmentally significant in vehicle production after considering solvent use and emissions. Table 6.3 gives typical values for car paintshops, showing the energy consumption is 38 – 52 % of the energy consumption for an entire assembly plant (excluding other production activities sometimes located in the same plant, such as foundries, engine block manufacture and production of other component production). Details of the energy consumption for a specific sequence of processes and of individual process steps depend on the type of processes and the individual production line capacities. Because of this, data are often not comparable, even between different production lines within the same site. Detailed data often do no exist or are not published.

## 6.3.3 Emissions

### 6.3.3.1 Emissions to air

In the production of cars, VOCs represents the most significant emission source. The activity emits NMVOC originating from the spray booths, the drying ovens and the cleaning of application equipment. NMVOC emissions from this sector may vary significantly from country to country. At EU-25 level for 2000 (according to the RAINS model), NMVOC emissions were 74.2 kt representing 0.7% of total NMVOC emissions. Total activity was 18367150 vehicles coated, and the average emission factor was about 4 kg NMVOC/vehicle. This shows that emissions from this sector are already partly treated* in the EU-25 (the untreated* emission factor is country specific but can be as high as 10 kg/vehicle). This figure equates to an EU-25 average of about 40 - 67 g VOC/$m^2$, compared with the untreated situation of about 100 - 167 g VOC/$m^2$ (both ranges depend on the model size). The industry has invested significantly in solvent reduction activities and before introducing reduction measures (e.g. in the 1970s), typical emission levels were between 200 and 300 g/$m^2$ (measured according to the SED) [117, ACEA, 2005]. (*Treated/untreated in this context means not only waste gas treatments but also all other measures to reduce VOC emissions). The emissions and surface areas are calculated according to Annex 24.5.

The SED set a VOC mass emission limit for vehicle painting installations of 60 g/$m^2$ for existing installations and 45 g/$m^2$ for new installations. The deadline for achieving the mass emission limit for existing plants is 31 October 2007. In early 2005, 27 plants in Europe operated above the 60 g/$m^2$ limit and have upgrade programmes in place to achieve the limit within the deadline [117, ACEA, 2005].

Most Member States apply the SED limits, but there are lower emission limits applied in some Member States. Germany, for instance, has a long tradition of implementing VOC legislation, which has required industry to reduce emissions over 20 years from 60 to 35 g/$m^2$ for solid paint. Similar legislation applies in Austria and the Czech Republic [128, TWG, 2005].

Usually, application and drying of primer and topcoat/clear coat contribute to approximately 80 % of the VOC emissions originating from the painting sector of car production. The topcoat refinishing (rectification), cleaning procedures as well as additional sources (e.g. coating of small parts, application of underbody protection) are responsible for the remaining 20 %. Approximately 70 to 90 % of the total VOC emissions generated during the application and drying procedure, originate from the painting booth; the remaining 10 - 30 % from the drier. The indicated percentage rates depend generally on the solvent types used, the painting systems and the application efficiency factor of the technique. Waste air from the drier loaded with VOC is supplied to a thermal waste gas cleaning system.

The figures in this section are related to the e-coat surface of the car body (see Annex 24.5) where the total surface is typically 65 - 95 $m^2$ (mini to medium family car), where primer, base coat and topcoat are applied to about 10 - 15 $m^2$ painted surface. Current, average specific emissions of volatile organic compounds for the German car industry is about 35 - 45 g/$m^2$

electrocoated surface. It corresponds to an average solvent consumption of 2.5 to 4 kg per vehicle (depending upon each model and individual requirements). Austria estimates VOC emissions of 21 – 27 g/m$^2$, and about 1.8 kg per vehicle with $NO_x$ 40 - 80 mg/Nm$^3$, CO 25 - 80 mg/Nm$^3$, particles (TPB) <3 mg/Nm$^3$. For the European car industry likewise, emission values of between 35 and 45 g/m² are achieved, in particular for plants in Sweden and the Netherlands as well as for some plants in Belgium, the United Kingdom, France, Italy, Portugal and the Czech Republic. However, this level has not been achieved for many plants in Europe where the VOC emissions reach values of between 60 and 120 g/m$^2$. Figure 6.2 shows the range of VOC emissions from 65 paintshops in Europe.

For two major companies (one in Sweden and one in Germany), the emissions are substantially lower, down to 10 g/m$^2$ or below. These are new (or recent) plants using a combination of greenfield sites or complete rebuild, novel green techniques and/or technologies that give finishes that do not meet other manufacturers' quality requirements for finish, durability, chemical resistance, etc. [128, TWG, 2005].

Besides the VOC emissions, paint particles (possibly containing heavy metals) also have to be considered. Particle emissions from overspray are generally well below 5 mg/Nm$^3$ which is ensured by the use of wet and dry separators within the spray booths.

The efficiency of eliminating VOC emissions is dependent on the techniques used, which include application efficiency, paint VOC content, vapour capture and waste gas treatment, see Section 20.11.4. After thermal treatment, cleaned gas concentrations of 10 mg C/m$^3$ are commonly achieved. A relatively good cost benefit is achieved for the first half of the VOC emissions, often reducing for the rest. The efficiencies of thermal oxidation are 90 % for drying ovens. When combined with carbon absorption, it is 80 % for the primer application, 70 % for the base coat, and 75 % for the clear coat [68, ACEA, 2004, 128, TWG, 2005]. For waste gas treatment in Germany (incineration), emission values well below 10 mg C/Nm³, and for $NO_x$ and CO about 100 mg/m³ are achieved although the incineration temperature was lowered from 730 to 700 °C and energy consumption was reduced.

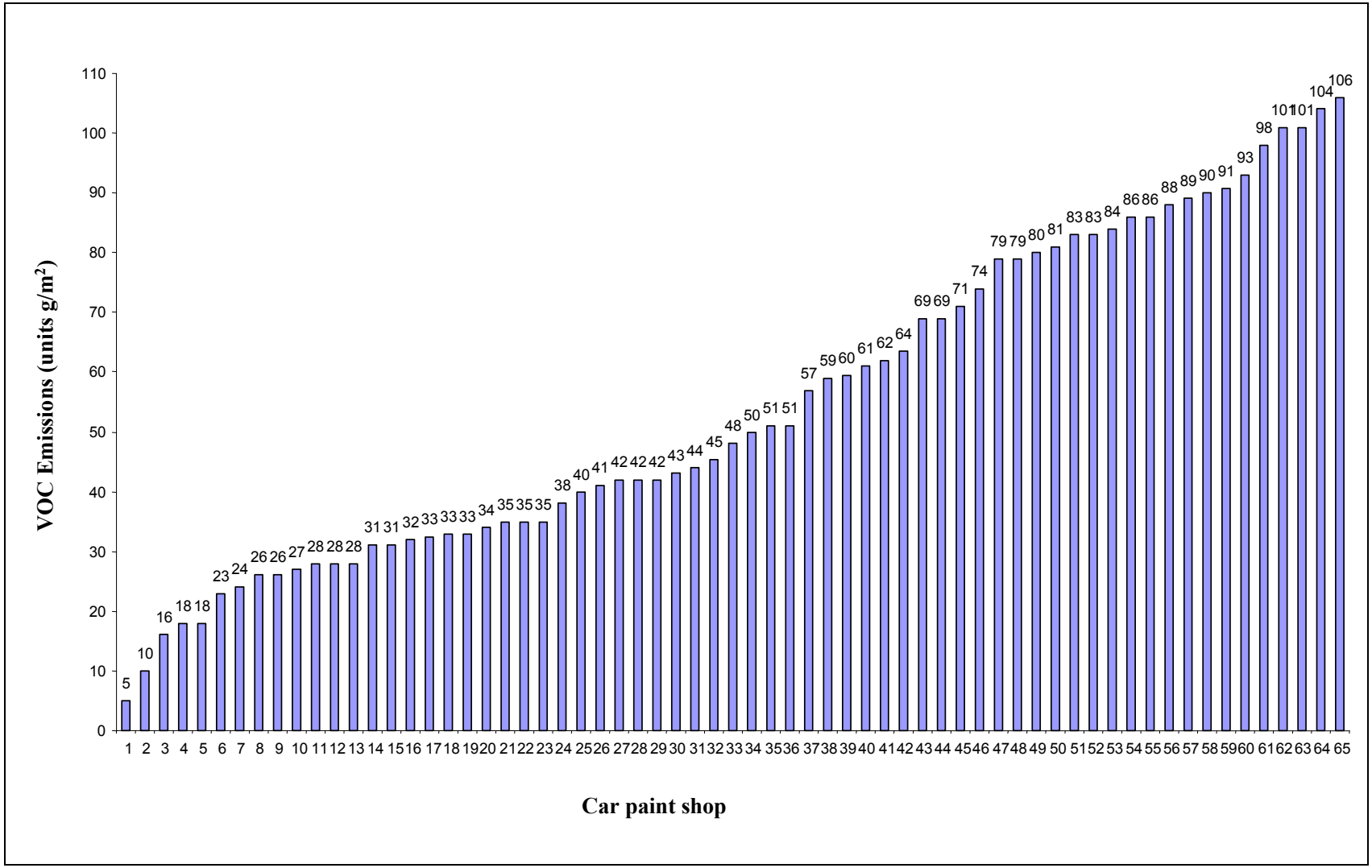


**Figure 6.2: Range of VOC emissions from 65 car paintshops in Europe**
**[68, ACEA, 2004]**

#### 6.3.3.2 Emissions to water

**Waste water of the pretreatment and the immersion prime coating**
Waste water originates from the pretreatment of the bodies by degreasing, phosphating passivation and also from the electrocoat primer process. The waste waters are predominantly from rinsing the bodies between treatments, therefore removing the materials from the previous process. The components of pretreatment (degreasing), conversion coatings and passivation, as well as water management and saving techniques applicable to all are described in detail in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]. These include multistage rinsing, techniques to minimise water use, recovering water and raw materials, and are equally applicable to electrocoating.

Electrocoating can be operated with multiple (cascade) rinses, with separation and recovery of the paint solids and the liquid (ultrafiltrate) being returned for rinsing. Although these are usually closed loop for the paint solids, some rinse-water may be lost (containing traces of paint, water-based solvents, etc.) and there is a need for periodic cleaning. At present, unleaded electro-immersion paint is considered as good practice. However, new risk materials, e.g. organotin compounds, arise with some lead-free products and may occur in waste water treatment.

The waste water is treated in a waste water treatment plant and then discharged to a municipal waste water treatment plant for further treatment which is described in detail in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006], along with emission values associated with BAT.

**Waste water from coating processes**
Generally, other waste water is generated by the wet cleaning-out of paint overspray as:

- a mix of paint, water and coagulating agent residues
- a mix of paint, water and solvent generated by cleaning the nebuliser units and paint supply conduits
- a mix of paint and water generated by cleaning the painting booths.

During the spraying application of paint in spraying booths, overspray is generated and is caught in wet cleaners. This is required to minimise emissions of paint as particulate matter. The water for these scrubbers is recirculated in a closed loop, and the paint sludge is separated and has to be removed periodically for maintenance. The same methods are used for the separation of both solvent-based and water-based paints.

The organic solvents contained in solvent-based paints are mostly very volatile with low solubility in water. Water-based paints have a substantially smaller solvent proportion which, however, is almost completely soluble in water. If these solvents have a very low vapour pressure, they can accumulate in the water. Solvents for water-based paints accumulate in the water circulating in the spray booth only up to the equilibrium state (usual concentrations are about 0.5 %). The rinsing water of the spray booth is held in a closed loop and is renewed periodically, such as twice a year or less frequently. Moreover, waste water is generated by the cleaning of the heat exchangers of the spray booth exhaust air and the heat rotors as well as by the humidification of the input air supplied to the spray booth [76, TWG, 2004].

#### 6.3.3.3 Waste

Substantial wastes originating from pretreatment/cathodic immersion prime coating and the painting of vehicle bodies include:

- solvent waste: the primary source of solvent wastes are recovered solvents, old solvents, solvent leftovers, used and contaminated cleaning agents are generated, among other things, by the cleaning and setting up of solvent-based paint systems, by tool, device or spray booth cleaning and possibly by the waste gas cleaning of painting and drying
- paint leftovers and old paints: due to their changed physical and/or chemical characteristics, paint leftovers and old paints that are no longer usable and have to be disposed of as waste material. Out of specification and/or surplus batches and dried paints are likewise waste. Differentiation can be made between non-cured paint leftovers with solvent content and cured old lacquers/paint residues without solvents. Water-based paints and powder coatings are also included
- paint sludge: during spray painting, non-separated overspray is captured in water and the coagulated lacquer particles are removed from the water. Coagulation agents are added to the water for separation and for improved cleaning-out processes, hence paint sludge is generated
- used adsorption agents: if waste gas cleaning methods are used such as adsorption onto charcoal, solvent-loaded charcoal is generated that has to be disposed of
- phosphate sludge resulting from pretreatment
- PVC wastes generated by the application of underbody protection
- filters and filter pads
- used cellulose wipes and cleaning wipes: solvent-saturated cellulose and cleaning wipes are generated in cleaning operations of the application devices. They are partly polluted with paint.

## 6.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Lackierung von Automobilen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch in der Fahrzeugindustrie für die Kategorien M1 und N1 anwendbar sein könnten. Diese Techniken können auch auf Automobile angewendet werden. Tabelle 6.4 zeigt die allgemein bei Automobilen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieser Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die Lackierung von Automobilen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [135, EGTEI, 2005].

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Stoffe | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Kapselung und Sammlung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 6.4: Verweis auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 6.4.1 Lacksysteme

Der Lackierprozess bei der Fahrzeugherstellung ist ein hochkomplexer und vollständig integrierter Vorgang, der aus vielen voneinander abhängigen Prozessschritten besteht. Da jeder Schritt auch alle anderen beeinflusst, kann eine Entscheidung über einen Prozessschritt Auswirkungen auf alle anderen Teile des Prozesses haben. Gleichzeitig können einige Kombinationen von Techniken inkompatibel mit anderen sein. Ein bestehendes Auftragssystem kann auch die Auswahl der Beschichtungen begrenzen. Bei der Bestimmung einer Technik als BVT ist es deshalb nicht sinnvoll, einen einzelnen Prozessschritt separat zu betrachten.

Verschiedene Beispiele für Kombinationen von Techniken zeigt z.B. die Tabelle 6.5 unten. Diese Kombinationen sind als Information gedacht und werden nicht als die einzige Option betrachtet:

| Beispiel | Grundierung | Basislack | Klarlack |
|---|---|---|---|
| A | • LB<br>• WB<br>• Keine<br>• Pulvergrundierung | • WB | • WB<br>• Pulver<br>• Pulverslurry |
| B | • WB | • WB | • LB |
| C | • LB<br>• LB Spritzkabine mit Abluftbehandlung<br>• WB | • WB<br>• LB<br>• LB Spritzkabine mit Abluftbehandlung | • LB<br>• LB Spritzkabine mit Abluftbehandlung |
| Erläuterung: LB = lösemittelbasiert, WB = wasserbasiert | | | |

**Table 6.5: Beispiele für Kombinationen von Beschichtungssystemmen bei Automobilen [117, ACEA, 2005]**

### 6.4.2 Herkömmliche lösemittelhaltige Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** herkömmliche lösemittelbasierte Lacke haben den folgenden Gewichtsanteil an Lösemitteln: 35 – 45 % bei Grundierungen, 40 – 50 % bei Decklacken und 30 -35 % bei feststoffreichen Decklacken, 70 -80 % bei Basislacken und 50 -55 % bei Klarlacken. Das Lösemittel (hauptsächlich VOC) dient der Regulierung der Viskosität und der Filmbildung und vermindert die Verdampfungsenergie.

Der Lackauftrag benötigt ein geschlossenes Zuführsystem zu einer Spritzpistole. Der Lackauftrag kann von Hand oder automatisch (oder beides) in einer für diesen Zweck errichteten Spritzkabine mit Luftabzug nach unten und Abluftabsaugung erfolgen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu wasserbasierten Lacksystemen ist der direkte Energieverbrauch um 15 % geringer pro Auto (990 MJ/Auto im Vergleich zu 1100 MJ/Auto bei wasserbasiertem Basislack) durch bessere Klimatisierung und den beschleunigten Abzug der lösemittelbasierten Systeme. Das betrifft aber nicht den Energieverbrauch zur Absaugung der Abluft aus der Spritzkabine, der ungefähr 200 bis 400 MJ/Auto beträgt. Siehe Abschnitt 6.3.2.3 und Tabelle 6.3.

**Medienübergreifende Effekte:** Grundsätzlich haben alle lösemittelhaltigen Materialien ohne Emissionsverminderung vor 20 bis 30 Jahren zu Emissionen von 100 - 300 g/m$^2$ geführt. Moderne Lacksysteme erreichen 43 - 72g/m$^2$ für ein Beschichtungssystem aus Grundierung/Basislack/Klarlack.

Typischerweise werden die Lösemittel im Abgas der Trockner verbrannt, da sie 15 % der VOC-Emissionen eines Betriebes mit konventionellem Farbsystem ausmachen. Wo möglich, wird die erzeugte Wärme zurück gewonnen und verwendet, z.B. zum Beheizen der Trockner. Um aber geringe Werte zu erreichen, benötigt eine thermische Behandlung zusätzlichen Brennstoff, siehe Abschnitt 20.11.4.

**Betriebsdaten:** Die Trocknungszeiten sind kürzer als die, die ein wasserbasiertes System benötigt, deshalb sind schnellere Bandgeschwindigkeiten möglich und weniger Platz erforderlich aufgrund der kürzeren Trocknungszeiten. Lösemittelbasierte Systeme können in einem weiten Temperaturbereich und Luftfeuchtigkeitsbereich angewandt werden. Es ist keine Edelstahlausstattung erforderlich.

Durch Modifiaktionen an lösemittelhaltigen Arbeitsabläufen, wie geringeren Stillstandszeiten, können geringerer VOC-Emissionen erreicht werden (im Gegensatz zu notwendiger Nachrüstung mit Materialwechsel).

Diese Technik erfüllt nicht die Anforderungen an die Emissionsminderung, die in einigen Teilen Europas gefordert werden und erreicht nicht einmal eine mittelmäßige Leistung, z.B. wie in Bild 6.2 gezeigt.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Lacke können in allen Bereichen der Lackierprozesse (Grundierung, fester Decklack, Basislack, Klarlack und Reparatur) auf Metall oder Kunststoff angewendet werden. Sie können in neuen oder bestehenden Lackieranlagen, in denen der Platz beschränkt ist und bei denen die Umstellung der Lacke aus technischen Gründen nicht möglich ist, angewendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Ökonomische und technische Einschränkungen bei bestehenden Lackieranlagen können die konventionelle Lösemitteltechnologie für bestimmte Anlagen zur bevorzugten Option machen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 6.4.3 Substitution von lösemittelhaltigen Lacken

#### 6.4.3.1 Wasserverdünnbare Lacksysteme

**Beschreibung:** Für eine allgemeine Beschreibung wasserverdünnbarer Lacksysteme siehe Abschnitt 20.7.2.3. Beim Auftragen von wasserlöslichen oder wasserverdünnbaren Lacken als Elektrotauchlack werden Materialien mit einem Lösemittelgehalt von 1 bis 6 % und 1 bis2 Gewichts% verwendet.

Materialien für die Elektrobeschichtung (Elektrotauchlack) werden in geschlossenen Systemen geliefert und mit Tauchtechniken angewendet. Für Grundierung und Basislackauftrag enthalten wasserbasierte Farben wasserlösliche oder in Wasser dispergierbare Filmbildner (Alkyde, Polyester, Acrylate, Melamin oder Epoxidharz). Grundierung und Basislackmaterial werden in geschlossenen Systemen geliefert und mit Spritztechniken aufgetragen. Konventionelle wasserbasierte Systeme enthalten 5 bis10 Gewichtsprozent und Basislacke 10 bis 15 Gewichtsprozent Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Typische VOC-Emissionsfaktoren für wasserbasierte Arbeiten der Lackieranlagen sind 1 – 2 g/m$^2$ für die Grundierung , 6 – 8 g/m$^2$ für den Basislack (7 -9 % bei Produkten mit geminderter Abdunstzeit, siehe Abschnitt 20.7.2.4 und bei 2-Komponenten-Typen) wenn keine Emissionsminderung stattfindet.

**Medienübergreifende Effekte:** Der direkte Energieverbrauch pro Auto ist ungefähr 13 -17 % höher als bei Lösemittelanwendung, teilweise durch die Anforderung, dass jede Schicht zwischen den Lackaufträgen getrocknet werden muss (Zwischenablüftung).

Die Energie aus der Verbrennung mancher Lösemittel ist nicht nutzbar.

Der Materialverbrauch von Wasserlacken wurde als vergleichbar gegenüber lösemittelbasierten Lacke berichtet, zwischen 0 und 11 % höher bei der Grundierung und zwischen 0 und 25 % höher bei Basislacken.

Der Wasserverbrauch ist ebenfalls höher und die Schlammtrennung bei der Abwasserbehandlung ist schwieriger.

**Betriebsdaten:** Die erforderliche Energie beträgt typischerweise 1100 MJ pro Auto. Daten zu spezifischen Prozessen siehe Abschnitt 6.3.2.3 und Tabelle 6.3. Einflüsse auf die Arbeiten: Produktionsvolumen, lokale klimatische Bedingungen, verwendete Minderungstechniken, Anforderungen an das Luftvolumen, Länge der Spritzkabinen, Arbeitsbedingungen in der Spritzkabine wie Temperatur und Lackauftragstechnik.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Materialien können als Elektrotauchlack, Grundierung/Füller, Basislack und bei einigen Reparaturarbeiten eingesetzt werden. Sie können auf Metall oder Kunststoff aufgetragen werden. Sie können aber nicht als Einschicht-Decklack verwendet werden, da sie mit einer Klarlackschicht versiegelt werden müssten. Es wurden wasserbasierte Materialien für eine Klarlackdeckschicht angewendet, sie haben sich aber bei Autos wegen Einschränkungen beim Glanz und geringerer Qualität nicht durchgesetzt. Zu beachten ist aber, dass Einschränkungen bei Glanz und Qualität der Deckschicht unabhängig, ob sie wasserbasiert oder lösemittelbasiert ist, auftreten können. Das hängt von den Bindemitteln (Alkyd- oder Akrylharze) und der Pigmentstabilität unter UV-Lichteinfluss (z.B. haben lösemittelbasierte Alkyddeckschichten einen schlechten Glanz) ab.

Wasserbasierte Decklackschichten wurden jahrelang üblicherweise für Nutzfahrzeuge und Fahrerkabinen verwendet. Es gibt den Fall eines leichten Nutzfahrzeugs, das mit einer wasserbasierten Einschichtdecklackierung ohne weiteren Klarlack lackiert wird.

Es gibt bei der Nachrüstung wasserbasierter Systeme in konventionellen Lackieranlagen, die mit Lösemitteln arbeiten Schwierigkeiten wegen hoher Kosten und technischer Einschränkungen. Um die zusätzlichen Aushärteanforderungen zu erfüllen, müssen die Öfen mit Zwischenabdunstzonen vergrößert werden. Das kann bedeuten, dass Lackieranlagen, die für lösemittelbasierte Systeme ausgelegt und ausgerüstet wurden, nicht genug Platz zur Unterbringung wasserbasierter Systeme besitzen. Andere Anforderungen sind z.B., dass die Farbleitungen und -systeme in Edelstahl ausgeführt sein müssen. Zusätzliche Kosten, die mit Betriebserfordernissen, Materialien und Ausrüstungen, Installationen verbunden sind, bedeuten, dass die Anwendung wasserbasierter Lacke oft auf neue Lackieranlagen beschränkt ist oder auf diejenigen, die bereits mit den notwendigen Systemen ausgerüstet sind. Spritzkabinen, in denen mit wasserbasierten Lacken gearbeitet wird, müssen mit genauerer Temperatur- und Feuchtigkeitsüberwachung arbeiten. Da die Trocknungszeiten bei wasserbasierten Systemen länger sind, ist die Durchlaufgeschwindigkeit normalerweise geringer als bei anderen Systemen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Materialkosten für wasserbasierte Lacke sind bis zu 20 % höher als für lösemittelbasierte Lacke, abhängig von der Wirtschaftlichkeit bei Großserien. In einem Referenzbetrieb (siehe unten) wurde kein Kostenunterschied ausgemacht. Die Energiekosten sind durch die erweiterten Trocknungsanforderungen größer als bei lösemittelbasiertem Material. Die Wasserlacktechnologie kann nicht ohne bedeutende Investitionen, die mit der Installation von Ausrüstungen und Baukosten verbunden sind, in konventionellen Lackieranlagen eingebaut werden. In großen Lackieranlagen (mehr als 100.000 Einheiten pro Jahr) wären z.B. die typischen Kosten für eine Spritzkabine zwischen 15 und 35 Millionen €, für eine Spritzkabine für wasserbasierte Materialien lägen sie 10 bis 20 % höher. Diese Zahlen umfassen nicht die Baukosten, die erheblich von den lokalen Bedingungen abhängen können. In Verbindung mit technischen Einschränkungen bedeutet das, dass die Wasserlacktechnologie normalerweise nur während größerer Erweiterungen oder in neuen Lackieranlagen installiert wird. Seit 1994 wurden die meisten Lackieranlagen in den EU-Ländern für wasserbasierte Basislacke ausgelegt. Produkte in Form von Basislacken mit reduzierter Abdunstzeit sind erhältlich (siehe Abschnitt 20.7.2.4).

Die Gesamtkosten für wasserbasierte Beschichtungen sind unter Berücksichtigung der sinkenden Abgasbehandlngskosten üblicherweise geringer.

**Gründe für die Einführung:** Minderung von VOC-Emissionen in die Luft.

**Beispielbetriebe:** Volkswagen, Wolfsburg, Germany; Renault, Flins sur Seine, France; GM, Eisenach, Germany; Opel, Eisenach, Germany.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [13, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 6.4.3.2 Pulverlacke

**Beschreibung:** Pulverlacke sind lösemittelfreie Systeme, die einen elektrostatischen Auftragsprozess erfordern und deshalb vorwiegend für metallische Körper geeignet sind. Pulverlacke basieren gewöhnlich auf Acrylharzen mit entweder einer Säure oder einem Anhydrid. Sie können für den Füller- oder Klarlackauftrag verwendet werden. Der Pulverauftrag findet in einer für diesen Zweck gebauten Spritzkabine mit Abzug nach unten und Unterdruckentlüftung statt. Der Auftrag erfolgt automatisch oder als Handspritzauftrag. Siehe auch Abschnitt 20.7.2.6.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bei der Pulverlacktechnologie eehennts keine VOC-Emissionen und es wird kein Wasser zur Partikelminderung benötigt. Die Verwendung von zurückgewonnenem Pulver erlaubt eine Wiederverwendung von bis zu 97 %. Der Energieverbrauch ist geringer als bei wasserbasierten Lacken und vergleichbar mit lösemittelbasierter Technologie. Die Trocknung durch eine Kombination von Infrarottrocknung und Umlufttechnologie mindert den Energieverbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Eine Energieerzeugung durch Lösemittelverbrennung entfällt.

**Betriebsdaten:** Die Pulverlacktechnik erlaubt eine geringere Wiederaufarbeitung der Spritzkabinenluft im Vergleich zu konventionellen Anlagen. Es gab Probleme mit einer Gilbung des Klarlacks beim Endprodukt. Das Hauptproblem ist, dass die Kontrolle der Schichtdicke schwierig ist: eine höhere Schichtdicke als notwendige wird erzeugt (ca. 65 µm), was zu einem höheren Lackverbrauch führt; es sind heutzutage aber auch dünnere Schichten (ca. 55 µm) erreichbar.

**Anwendbarkeit:** Die Pulverlacktechnologie ist derzeit für Füller- und Klarlackauftrag anwendbar. Pulvergrundierungen stehen zur Verfügung und werden in einem Werk in Europa benutzt (mit bis zu 5 oder 6 Farbgrundierungen). Pulverklarlack wird in Europa durch einen Autohersteller benutzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Beim Wechsel von bestehender Lösemitteltechnologie zu einem Nachrüsten mit Pulvertechnologie ist mit hohen Investitionskosten zu rechnen, da die Pulvertechnologie eine komplett andere Technologie ist, und eine umfangreiche Nachrüstung von Betriebsanlagen, Ausrüstungen und Material erfordert. Es wurde aber eine Minderung der Betriebskosten beobachtet, aktuelle Schätzungen berichten von mindestens 12 % der Energiekosten gegenüber wasserbasierter und lösemittelbasierter Technik einschließlich der Abgasbehandlungskosten.

**Gründe für die Einführung:** Minderung der VOC-Emissionen

**Beispielbetriebe:** BMW AG in Dingolfing, Germany.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [13, DFIU and IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

#### 6.4.3.3 Pulverslurry

**Beschreibung:** Pulverslurrys sind in Wasser dispergierte und stabilisierte Pulver, die unter Verwendung konventioneller Applikationstechniken für flüssige Lacke aufgetragen werden. Sie können als Klarlackschicht verwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bedeutende Minderungen von VOC-Emissionen. Bedeutende Energieeinsparungen werden durch den Ersatz von 2-Komponenten-Klarlack durch Lack-in-Lack-Auftrag von Pulverslurry-Klarlack erzielt. Mit dem Lack-in-Lack-Auftrag kann der dazwischen liegende Trocknungsschritt entfallen.

**Medienübergreifende Effekte:** Eine Energieerzeugung durch Lösemittelverbrennung entfällt.

**Betriebsdaten:** Um die Qualitätsanforderungen zu erreichen, muss in der Spritzkabine die Temperatur (20 - 24 ºC) und die Feuchtigkeit (65 - 75 %) genau kontrolliert werden. Im Vergleich zum Pulverlack kann eine dünnere Schicht (45 µm) erreicht werden.

Der Pulverslurry-Klarlack, der bei der DaimlerChrysler AG seit 1997 benutzt wird, ist fast lösemittelfrei und wird mit der Lack-in-Lack-Auftragstechnik angewendet.

**Anwendbarkeit:** Pulverslurry wird bei der Fahrzeuglackierung nicht generell angewendet, obwohl zwei führende Zulieferer Pulverslurry-Systeme anbieten. Pulverslurry erfordert den Auftrag einer angepassten Decklackschicht, um die Lack-in-Lack-Verträglichkeit sicher zu stellen. Bevor Pulverslurry aufgeheizt werden kann, muss das Wasser aus der nassen Schicht entweichen, dazu ist eine Zwangsabdunstung erforderlich. Diese wird in zwei Werken in Europa angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Beispielbetriebe:** DaimlerChrysler AG (Österreich) und Rastatt (Deutschland).

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004].

## 6.4.4 Lackauftrag- und Versorgungstechniken

Die folgenden Farbauftragstechniken und -anlagen werden sektorüblich benutzt:

- Farbauftrag durch Tauchen, siehe Abschnitt 20.7.3.4 und für weitere Details Abschnitt 6.4.4.1
- Konventionelles Hochdruck- und Niederdruckspritzen, siehe Abschnitt 20.7.3.8
- Niederdruckspritzlackieren (HVLP), siehe Abschnitt 20.7.3.9
- Elektrostatische Zerstäubungsverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.14
- Elektrostatische Hochrotationsglocken, siehe Abschnitt 20.7.3.15
- Elektrostatische Druckluft, Airless- und Airmixspritzverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.17
- Elektrostatisches Pulverbeschichtungsverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.18.

### 6.4.4.1 Lackauftrag durch Tauchen

**Beschreibung:** Vorbehandelte Autokarossen werden elektrisch aufgeladen, während sie durch ein Bad mit Elektrotauchfarbe gezogen werden. Die Farben sind gewöhnlich wasserbasiert und werden mit deionisiertem Wasser verdünnt. Der Lösemittelgehalt bewegt sich gewöhnlich zwischen 2 und 6 % und 1 bis 2 Gewichtsprozent.[12]

Der Elektrotauchprozess benetzt die gesamte Karosserieoberfläche innen und außen. Die berechnete Elektrotauchoberfläche beträgt gewöhnlich zwischen 60 und 100 $m^2$ pro Auto abhängig von Größe und Design (siehe Anhang 24.5). Siehe auch Anschnitt 20.7.3.4.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wegen des geringen Lösemittelgehaltes des Materials und der Tatsache, dass das Material nicht wie beim Spitzauftrag atomisiert wird, sind die VOC-Emissionswerte sehr gering. Typische Emissionen sind <0.2 kg VOC/Auto, was sich in 2 bis 4 g VOC/$m^2$ umrechnen lässt, abhängig von der elektrogetauchten Oberfläche des Autos, die lackiert wird. Mit einer Abgasbehandlung des Gases aus dem Ofen kann man >1g[13] VOC/$m^2$ erreichen.

Zusätzlich zum geringen Lackverbrauch wird wenig Abfall generiert. Das Tauchlackieren hat eine sehr gute Auftragseffizienz und erzeugt nur wenig Abfall wegen des geringen Materialverbrauchs.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Anwendung findet in extra für diesen Zweck errichteten Anlagen mit Abluftabsaugung statt. Die grundierten Karossen müssen durch einen Ofen, bevor weitere Schichten aufgetragen werden.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik kann für die gesamte Karosse und alle Metallkomponenten einschließlich von Oberflächenteilen (Konsolen?), die schwierig zu erreichen sind, verwendet werden. Gegenwärtig ist die Tauchtechnik weitverbreitet- aber nur für den Grundierauftrag (kataphoretischer Auftrag, KTL). Die optische Qualität der obersten Lackschicht (Finish) ist sehr wichtig in der Autoherstellung, deshalb werden für den Auftrag von Füller und Decklack nur Spitztechniken angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Qualität und Korrosionsschutz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

[12] Anm. d.Übersetzerin: Fehler im Original, da 2 mal Gewichtprozentangabe verwendet.

[13] Anm. d. Übersetzerin: es muss < 1g heißen

### 6.4.5 Spritzkabine

Die folgenden Techniken werden allgemein angewendet:

- Spritzkabinen mit Nassabscheidung , siehe Abschnitt 20.7.4.1
- Spritzkabinen mit Wasseremulsionstechnik, siehe Abschnitt 20.7.4.3.

### 6.4.6 Verminderung des Rohstoffverbrauchs

Die folgenden Techniken werden allgemein angewendet:

- Batchlackierung/ Farbenbündelung, siehe Abschnitt 20.6.3.6
- Molchreinigungssysteme, siehe Abschnitt 20.6.3.7.

#### 6.4.6.1 Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.13.1. Allgemein werden moderne Farbzufuhranlagen mit einer Rückgewinnung von geklärten Lösemitteln verwendet. Die Rückgewinnung erfolgt durch Leiten der Reinigungsmittel aus der Spritzanlage in den Vorratstank.

**Erreichte Umwelteffekte:** Typischerweise können 80 - 90 % des Reinigungs- und Spüllösemittels zur Wiederverwendung zurückgewonnen werden – entweder vor Ort oder außerhalb der Anlage.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Der Einbau eines typischen Lösemittelrückgewinnssystems kostet 0,4 Mio. € pro Spritzkabine.

Eine Einsparung wird erreicht durch geminderten Lösemittelverbrauch und geringere Mengen an gefährlichen Abfällen. In großen Betrieben werden die Einsparungen ungefähr die Investitionen ausgleichen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Ford, Europe.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [13, DFIU and IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [68, ACEA, 2004, 76, TWG, 2004]

### 6.4.7 Trocknungsverfahren

Die folgenden Techniken werden allgemein angewendet:

- Trocknen mittels Luftzirkulation mit oder ohne Luftentfeuchtung, siehe Abschnitt 20.8.1.1.
- Trocknen durch Infrarotstrahlung, siehe Abschnitt 20.8.2.1.

### 6.4.8 Abgasbehandlung

Die folgenden Techniken werden allgemein angewendet:

- Venturiwäscher, siehe Abschnitt 20.11.3.5
- Wäscher, siehe Abschnitt 20.11.3.6
- Trockenfiltersysteme, siehe Abschnitt 20.11.3.8
- Elektrostatische Filter, siehe Abschnitt 20.11.3.7
- Einstellen der internen Lösemittelkonzentration als Schritt vor der Abgasbehandlung, siehe Abschnitt 20.11.3.1
- Externe Lösemittelkonzentration als Schritt vor der Abgasbehandlung, siehe Abschnitt 20.11.3.2
- zur Abgasbehandlung bestimmte Systeme, die in den Trockner integriert sind, siehe Abschnitt 20.11.1.6
- Adsorption: Festbettadsorption, Wirbelschichtadsorption und Absorptionsrad, siehe Abschnitt 20.11.6
- Nachverbrennung: rekuperative, katalytische und regenerative Nachverbrennung, siehe Abschnitt 20.11.4.

### 6.4.9 Abwasserbehandlung

Die folgenden Techniken werden allgemein angewendet:

- Kaskadenspülung, siehe Abschnitt 20.7.5.1
- Verwenden von Ionenaustauschern, siehe Abschnitt 20.7.5.2
- Ultra- und Nanofiltration, siehe Abschnitt 20.12.6.

# 7 COATING OF VANS, TRUCKS, AND TRUCK CABS

[13, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [118, ACEA, 2005] [181, ACEA, 2003]

The painting processes for the coating of vans, trucks and truck cabs show significant deviations compared to the serial painting of cars due to the use of different coating materials, processes, application techniques and layer constructions. Although optical surface qualities are as important as for cars, corrosion protection is more important than in other sectors.

This chapter addresses the integrated environmental protection measures used in the painting of cabs and chassis for trucks of the categories N2 and N3 (according to Directive 70/156/EWG). Driving cabs for trucks or truck cabs are defined as cabs and include integrated housings for technical equipment.

## 7.1 General information on the coating of vans, trucks and truck cabs

See Section 6.1 for overall details of size, turnover, etc. of the vehicle manufacturing industry. In the EU in 2005, 1640769 light commercial vehicles and 549468 heavy trucks were produced, generating revenues of nearly EUR 70000 million and accounting for 250000 jobs directly. There are about 109 sites producing commercial vehicles in the whole of Europe (including Russia) [152, ACEA, 2006].

## 7.2 Applied processes and techniques in the coating of vans, trucks and truck cabs

### 7.2.1 Drivers cabs and light commercial vehicles

[185, May, et al., 2006]

Similar to the serial coating of passenger cars, the applied coating systems can vary from plant to plant. Commercial vehicle manufacturers use either serial coating systems (with drying temperatures of about 140 °C) or 2-component paints for repair purposes (with drying temperature of 80 °C); a combination of both systems is also often used.

The pretreatment of the cabs includes cleaning, degreasing with subsequent rinsing, zinc phosphating with rinsing, followed by passivation and rinsing with demineralised water. A lead-free dip e-coat is applied. After two rinsing cycles in ultrafiltrate and with demineralised water, the drivers cabs are dried in a drier, which is equipped with a post combustion unit. Then the application of underbody protection, anti-noise materials and seam sealing takes place. The vehicle body is prepared for the applications of paint by optional filing and relative cleaning.

Subsequently, a filler is applied onto the inner and outer surfaces of the drivers cab and is dried in a drier. The layer thickness varies from 25 to 30 µm. Afterwards, the paint is applied onto the interior and exterior surfaces both via automated and manual spray applications (electrostatic and pneumatic). The layer thickness varies from 25 to 35 µm. The painting booths are equipped with a wet separator for abatement of the overspray; the repair booths can be equipped with a dry separator. Drying is then carried out in an oven.

The layer thickness of the base coats amounts to 10 - 20 µm, that of the subsequently applied clear coat amounts about 40 ± 5 µm, 1-coat topcoats are applied with a layer thickness of 30 - 40 µm.

The current production of truck cabs is composed of more than 90 % solid coat finish and the remaining volumes are metallic finish; for vans, production is more than 85 % solid coat finish and the remaining volumes are metallic finish. Waterborne single layer topcoat has gained acceptance and is used at DaimlerChrysler Düsseldorf, Germany and Ludwigsfelde, Germany, MAN Steyr, Austria and Munich, Germany, Volvo Umea, Sweden, Fiat Sevel, Italy (1K high-bake or 2K low-bake). This is likely to gain in acceptance.

Commonly applied or conventional systems for the coating of drivers cabs are:
[8, IFARE and CITEPA, 2002]

- electrocoat: water-based (8 wt-% solvent content)
- primer: solvent-based (50 wt-% solvent content)
- topcoat: solvent-based solids coat (45 wt-% solvent content); solvent-based base coat (75 wt-% solvent content); and solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content).

Alternative systems are:

- electrocoat: water-based (8 wt-% solvent content)
- primer: water-based (15 wt-% solvent content)
- topcoat: solvent-based solids coat high solid (40 wt-% solvent content); solvent-based base coat high solid (65 wt-% solvent content); and solvent-based clear coat high solid (40 wt-% solvent content); electrostatic application.

and:

- electrocoat: water-based (8 wt-% solvent content)
- primer: water-based (15 wt-% solvent content)
- topcoat: water-based solids coat (15 wt-% solvent content) and solventborne solids coat high solid (40 wt-% solvent content) (for special colours); water-based base coat (15 wt-% solvent content); and solvent-based clear coat high solid (40 wt-% solvent content) [152, ACEA, 2006].

### 7.2.2 Coating of truck chassis

[185, May, et al., 2006]

Truck chassis are assembled from profiles and parts (like axles and air tanks) that are already electrocoated or painted with a conventional primer. A water-based material with a solvent content of 5 - 10 % is for paints for dip coating (e-coat). Conventional primers can be used with powder coat, waterborne (10 - 15% solvent content) and solventborne primers (45 - 55 % solvent).

After pre-assembling the chassis, the surface quality is checked and imperfections are locally repaired with a primer coat. Some areas are masked. Locally some solvent- or water-based cleaning is undertaken manually to remove dirt, oils and other foreign matter. Subsequently, a 1-coat topcoat is applied, so the chassis are automatically transported through the installation by a conveyor system. The chassis are painted manually due to their variations in size and structure. First, the paint is applied onto the underside, then on the topside. For high runners, water-based (2-component) topcoats are used for about 95 % of chassis. For special colours, 2-component solventborne acrylate paints are applied. The applied layer thickness varies from 40 to >60 µm.

The material is applied using HVLP, conventional, airmix or airless spray guns. Overspray is intercepted via a wet dust collector with automated discharge of the paint sludge. For drying, the coated chassis are first transported to a flash-off zone with a maximum temperature of 40 °C and low air velocity. Afterwards, the paint is dried in a forced air drier at air temperatures of 85 - 90 °C. After drying, the chassis are cooled down to ambient temperature and demasked.

Commonly applied or conventional system for the coating of truck chassis are:
[152, ACEA, 2006]

- electrocoat: water-based (5 - 10 wt-% solvent content)
- primer: solvent-based (45 - 55 wt-% solvent content); electrostatic application
- topcoat: solids coat (45 - 55 wt-% solvent content); electrostatic application.

Alternative systems are:

- electrocoat: water-based (5 - 10wt-% solvent content)
- repair primer: solvent-based (45 - 55 wt-% solvent content)
- topcoat: solids coat (45 - 55 wt-% solvent content)

and:

- electrocoat: water-based (5 - 10 wt-% solvent content)
- repair primer: water-based (8 - 13 wt-% solvent content)
- topcoat: solids coat (45 - 55 wt-% solvent content)

and:

- electrocoat: water-based (5 - 10 wt-% solvent content)
- primer: water-based (8 - 13 wt-% solvent content)
- topcoat: water-based solids coat (8 - 13 wt-% solvent content); conventional, HVLP, airmix or airless application.

### 7.2.3 Painting of axles

(See Chapter 13). Axles for trucks and commercial vehicles are generally coated with water-based paints. The greatest proportion of the applied solvents is emitted since emission reduction measures are not applied or only the drier is connected to a post-combustion unit.

## 7.3 Current consumption and emission levels in the coating of vans, trucks and truck cabs

### 7.3.1 Mass balances

No information submitted.

## 7.3.2 Consumptions

### 7.3.2.1 Materials

An overview of the specific consumption values of paints for the painting of new drivers cabs is given in Table 7.1. The consumption depends on the different paint systems and application systems, etc. It should be remembered that this is for guidance only, and cannot be a 'pick list' to select a paint system of the basis of consumption efficiency only. The paint process in each installation is highly complex and fully integrated comprising many integrated steps: each step influences others and different figures apply according to application techniques. Decisions about best options therefore cannot be taken on the basis of selecting each step individually.

| Painting material | Specific material consumption (g paint/$m^2$) | |
|---|---|---|
| | Truck cabs | Vans |
| Electrocoat: water-based (5 wt-% solvent content) | 128 | 128 |
| Primer: solvent-based (50 wt-% solvent content) | 20 | 24 |
| Primer: water-based (15 wt-% solvent content) | 20 | 24 |
| Topcoat: solvent-based solids coat (45 wt-% solvent content) | 134 | 160 |
| Topcoat: solvent-based solids coat high solid (40 wt-% solvent content) | 117 | 140 |
| Topcoat: water-based solids coat (15 wt-% solvent content) | 134 | 160 |
| Topcoat: solvent-based base coat (75 wt-% solvent content) | 122 | 146 |
| Topcoat: solvent-based base coat high solid (65 wt-% solvent content) | 116 | 139 |
| Topcoat: water-based base coat (15 wt-% solvent content) | 122 | 146 |
| Topcoat: solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content) | 72 | 86 |
| Topcoat: solvent-based clear coat high solid (40 wt-% solvent content) | 63 | 76 |

**Table 7.1: Specific consumption values for paints for the coating of new drivers cabs [185, May, et al., 2006]**

### 7.3.2.2 Water

As in the coating of cars, the main water using areas in the painting of truck cabs and vans are:

- pretreatment (degreasing)
- conversion coating (phosphating and passivation)
- electrocoating.

The primary use of water is in rinsing stages; less water is lost by evaporation and used for making new solutions. Water management and saving techniques are described in detail in Chapter 20. These include multistage rinsing, techniques to minimise water use, recovery of water and raw materials. Water consumption for the painting of truck cabs or vans varies from 35 to 80 l/$m^2$ [185, May, et al., 2006].

### 7.3.2.3 Energy

Table 7.2 gives an overview of the gas consumption for the painting of vans, truck chassis and drivers cabs.

| | Painting of truck cabs and vans | Painting of chassis |
|---|---|---|
| **Gas consumption** | 0.7 - 1 $Nm^3/m^2$ surface painted area | 0.7 - 1 $Nm^3/m^2$ surface painted area |

**Table 7.2: Overview of the gas consumption of chassis, and drivers cabs and vans [185, May, et al., 2006]**

### 7.3.3 Emissions

#### 7.3.3.1 Emissions to air

VOC emissions from the painting of vans, trucks and truck cabs is 9.4 % of the total for the automotive industry [118, ACEA, 2005] and are higher per square metre than those from coating processes in car production for the following reasons:

- lower production volumes than cars (typically 150000 to 300000 units), so investments for reducing emission of VOC will be relatively higher, which results in a high cost per tonne VOC avoided compared with the sector of passenger cars (M1)
- less automation because of relatively high investment costs versus annual volumes, the larger area to be covered and the larger reach required to access the whole painted area. This, with difficult geometries and sizes, results in lower transfer efficiency than M1 and higher emissions
- larger size of vehicles requires larger spray booths and ovens and hence larger air volumes to be treated in case of abatement techniques. This makes abatement less economically feasible
- techniques available for passenger cars are often not available or need to be tailored at very high costs because of the large size of the vehicles painted and the smaller production volumes
- colour range much larger (300 – 800 different colours, corporate fleet requirements):
  - waterborne systems not available for multicoloured vehicles and for the number of different colours; or cannot meet customer specifications
  - more rinsing because of large number of colours
  - more purging required because batch painting cannot be used
  - small batches of paint, used infrequently, so the rest of the material needs to be disposed of
  - some colours require higher film build for convertibility reasons and therefore either multicoloured primers need to be used, or double painting is required
  - multicoloured vehicles means more coats and hence more emissions
- larger surface areas are more prone to damage and defects, so more repairs
- increased demand for metallic paints increases VOC emissions (metallics are solvent-based)
- more constraints on technologies due to different type of materials/add-ons to be painted on the same line
- more interior painting (less covering with panels compared to passenger cars).

Figure 7.1 shows some values for VOC emissions from van, truck and truck cab assembly plants in Europe. The surface areas and emissions are measured according to Annex 24.5.

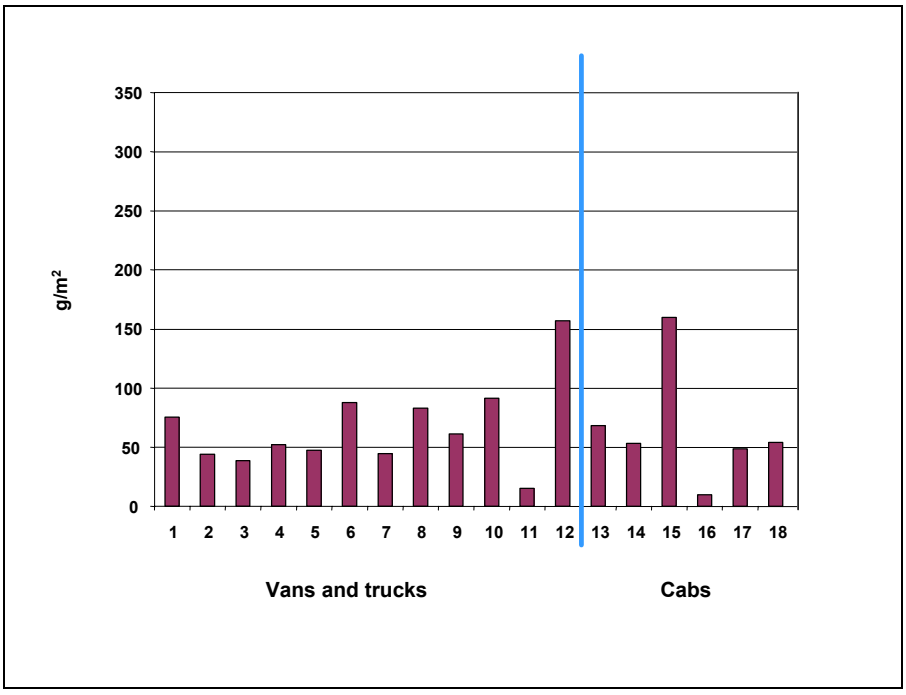


**Figure 7.1: VOC emissions for several van, truck and cab assembly plants in Europe [118, ACEA, 2005]**

Emissions from cleaning can be reduced to <20 g/m$^2$ by using good practice in housekeeping, cleaning, and substitution techniques such as those referred to in Sections 20.2.2, 20.9 and 20.10 [122, Dupont and May, 2005].

### 7.3.3.2 Emissions to water

Information is given in Section 6.3.3.2 on emissions from water-based processes, such as pretreatments, e-coating, wet scrubber systems for paint spray booths, etc. No specific data relating to vans, trucks and truck cabs was available.

### 7.3.3.3 Waste

The following wastes are generated by pretreatment, electrophoric dip coating and painting of chassis and drivers cabs:

- paint containers
- decanted paint sludge
- contaminated organic solvents
- waste paints
- masking paper (only from painting of chassis)
- water with painting material.

## 7.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Kleinlastwagen (Van), Lastkraftwagen (LKW)und LKW-Kabinen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von LKWs und Nutzfahrzeugen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen angewendet werden. Tabelle 7.3 zeigt die allgemein bei der Lackierung von LKWs und Nutzfahrzeugen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die Lackierung von Vans, LKWs und LKW-Kabinen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [136, EGTEI, 2005] [137, EGTEI, 2005].

Der Lackierprozess in der Fahrzeugherstellungsindustrie ist hoch komplex und ein vollständig integrierter Vorgang, der aus mehreren unabhängigen Schritten besteht. Da jeder Schritt alle anderen beeinflusst, kann eine Entscheidung über einen Schritt Auswirkungen auf alle anderen Teile des Prozesses haben. Gleichzeitig können einige Kombinationen von Techniken inkompatibel mit anderen sein. Ein bestehendes Auftragssystem kann auch die Auswahl der Beschichtungen begrenzen. Bei der Bestimmung einer Technik als BVT ist es deshalb nicht sinnvoll, einen einzelnen Schritt separat zu betrachten.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Stoffe | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 7.3: Referenz auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 7.4.1 Herkömmliche lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** Für Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.1. Lösemittelbasierte Lacksysteme werden für Fahrerkabinen angewendet als:

- Füller: 50 Gewichts-% der Lösemittel
- 1-Schicht-Deckschicht: 45 Gewichts-% der Lösemittel
- Basislack: 75 Gewichts-% der Lösemittel
- Klarlack: 45 Gewichts-% der Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Lacksysteme verursachen vor der Abgasbehandlung VOC-Emissionen zwischen 193 bis 233g VOC/$m^2$.

**Betriebsdaten:** Bei Metalliclacken sind der Basislack und der Klarlack immer VOC-haltig. Die Dicke der Basislackschicht beträgt 10 - 20 µm, und mit dem darauf aufgetragenen Klarlack beträgt die Schichtdicke ungefähr 40 ± 5 µm. Ein-Schicht-Decklacke werden mit einer Schichtdicke von 30 - 40 µm aufgetragen.

Bei Kabinen ist das Abgas aus dem Trockner gewöhnlich mit einer Nachverbrennungsanlage verbunden, während das Abgas aus den Spritzkabinen normalerweise nicht behandelt wird (nur bei einer Produktionsstätte).

Nach dem Lackieren der Achsen wird der größte Teil der aufgetragenen Lösemittel ohne Behandlung emittiert, da Emissionsminderungsmaßnahmen nicht angewendet werden oder der Trockner ist mit einer Nachverbrennung verbunden.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Volvo in Umea (Schweden) verbindet die Verbrennung mit Filterung an Zeolith zur Lösemittelrückgewinnung. Die Emissionen betragen weniger als 1 kg pro Kabine.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [185, May, et al., 2006]

### 7.4.2 Ersatz von lösemittelbasierten Materialien (Substitution)

#### 7.4.2.1 Wasserbasierte Lacksysteme

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Wasserbasierte Lacksysteme werden angewendet für:

- Elektrobeschichtung: 8 Gewichts-% organische Lösemittel
- Füller/ Grundierung: 15 Gewichts-% organische Lösemittel
- Basislack: 15 Gewichts-% organische Lösemittel.

Die Gesamt-VOC-Emissionen für diese Schichten liegen im Bereich von 31 bis 36 g VOC/$m^2$ ohne Decklack und ohne jede Minderung. Es werden ungefähr 25 verschiedene wasserbasierte (2-Komponenten)-Decklacke für ungefähr 95 % der Chassis verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Da wasserbasierte Lacke einen geringeren Auftragswirkungsgrad haben, muss mit einem höheren Lackverbrauch gerechnet werden. Es wird berichtet, dass:

- der Verbrauch an Grundierung bei wasserbasierten Schichten ungefähr 5 % größer ist als bei konventionellen lösemittelbasierten Grundierungen
- der Basislackverbrauch bei wasserbasierten Lacken ungefähr 10 % größer ist als bei konventionellen lösemittelbasierten Basislacken.

**Betriebsdaten:** Die DaimlerChrysler AG in Kassel, Deutschland, betreibt seit 1998 eine Anlage, die wasserbasierte Lacke für die Lackierung von Achsen verwendet. Infolge dieser Maßnahmen wurden 160.000 Liter Lösemittel jährlich eingespart.

**Anwendbarkeit:** Der Ersatz von lösemittelbasierter Grundierung und Einbrennlacken erfordern einen Wechsel der Spritzkabine und der automatischen Spritzanlage, die Kosten dafür variieren stark in Abhängigkeit von der Anlagenanordnung. Da zusätzlicher Platz benötigt wird, um die Spritzkabine zu verlängern, muss in vielen Fällen eine neue Anlage in einem neuen Gebäude errichtet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten des Ersatzes einer einfachen Spritzkabine und der dazugehörigen Spritzanlagen (z.B. Spritzkabine für Grundierung) variieren zwischen 13 und 25 Mio. €. Die Installation einer neuen Anlage in einem neuen Gebäude variiert in Anhängigkeit von der Anlagengröße von 60 Mio. € für 25.000 Fahrerkabinen/Jahr bis 140 Mio. € für 50.000 LKWs/Jahr.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtline.

**Beispielbetriebe:** Wasserbasierte 1-Schicht-Decklacke werden bei MAN (München, Deutschland) und DaimlerChrysler AG (Kassel, Deutschland) angewendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [8, IFARE and CITEPA, 2002] [128, TWG, 2005] [185, May, et al., 2006]

## 7.4.3 Lackauftrags- und -versorgungstechniken

### 7.4.3.1 Elektrophoretische Tauchlackierung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.4. Alle verwendeten Elektrobeschichtungen (E-Coat) sind wasserbasiert, der Gewichtsanteil an organischen Lösemitteln beträgt typischerweise 8 %, und sie sind bleifrei. LKW-Chassis werden aus Profilen zusammengesetzt, die schon einen Elektrotauch-Prozess durchlaufen haben. Derzeit ist die Anwendung der Tauchtechnik beim Auftrag von E-Coats weitverbreitet. Elektrobeschichtung ist mit hohen Investitionen und Materialkosten verbunden.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 7.4.3.2 Niederdruckspritzlackieren (HVLP)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.9. Die Grundierung wird auf den Oberflächen im Inneren und außen auf der Fahrerkabine mittels manuell bedienter HVLP-Spritzpistolen aufgetragen.

Bei LKW-Chassis wird wasserbasiertes Material mittels HVLP-Spritzpistolen aufgetragen. Die aufgetragene Schichtdicke variiert zwischen 40 und 60 µm. Der Overspray wird über Nassauswaschanlagen mit automatischer Ausschleusung des Lackschlamms in einen Dekanter aufgefangen.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

#### 7.4.3.3 Elektrostatisch zerstäubende Verfahren

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.14. 1-Schicht-Decklack: 45 Gewichts % organische Lösemittel, mit spezifischen VOC-Emissionen von 60 - 72 g VOC/$m^2$ aufgetragen durch elektrostatisches Zerstäuben.

#### 7.4.3.4 Elektrostatische Hochrotationsglocken

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.15. Nachdem der Füller/die Grundierung aufgetragen ist, wird eine zweite Schicht auf die Außenseite der Oberfläche mit automatischen elektrostatischen Hochrotationsglocken aufgetragen. Die Schichtdicke variiert von 25 - 35 µm. Ein manueller Lackauftrag erfolgt nur auf spezielle Anforderung.

Lösemittelbasierte Basislacke werden normalerweise durch elektrostatisches Spritzen (50 %) und durch normales Spritzen (50 %) aufgetragen. Klarlacke werden durch elektrostatisches Spritzen aufgetragen.

Bei Metallicfarben sind der Basislack und der Klarlack lösemittelbasiert. Die Basislackschicht ist ungefähr 10 - 20 µm, die nachfolgende Klarlackschicht 40 ± 5 µm und ein 1-Schicht-Decklack ist 30 - 40 µm dick.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 7.4.3.5 Spritzkabinen mit Nassabscheidung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.4.1. Diese werden allgemein angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 7.4.4 Abgasbehandlung

#### 7.4.4.1 Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4. Nach dem Spülen am Ende der elektrophoretischen Tauchlackierung werden die Vans, LKWs, Kabinen und Chassis in einem Trockner, der gewöhnlich mit einer Nachverbrennung ausgerüstet ist, getrocknet.

Wo lösemittelbasierte Lacke angewendet werden, sind die Spritzkabinen mit einer Nachverbrennung ausgerüstet. Die Spritzkabine kann aber auch mit Aktivkohleadsorption kombiniert mit einer Nachverbrennung ausgerüstet sein.

[13, DFIU und IFARE, 2002] [8, IFARE und CITEPA, 2002]

Die Investitionen für die o. g. Emissionsminderungsmaßnahmen hängen von der Anlagengröße ab.

In einer LKW-Fahrerkabinen-Lackierung mit einem Jahresdurchsatz von 25.000 Einheiten betragen die Investitionskosten für eine Nachverbrennungseinheit an den Trocknern ungefähr 3 Mio. €, was auf das lackierte Fahrzeug gerechnet ungefähr 12 € bedeutet. Zusätzlich fallen Energiekosten von ungefähr 300.000 € pro Jahr an, auf das lackierte Fahrzeug berechnet sind das circa 12 €.

In einer LKW-Lackieranlage mit einem Jahresdurchsatz von 50.000 Einheiten betragen die Installationskosten einer Nachverbrennungseinheit an den Trocknern ungefähr 4 Mio. €, was mit einem Preis von circa 8 € pro lackiertem Fahrzeug korrespondiert. Zusätzlich fallen Energiekosten von 400.000 €/Jahr an, das sind pro lackiertem Fahrzeug circa 8 €.
[185, May, et al., 2006]

#### 7.4.4.2 Adsorption an Aktivkohle

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.6. Werden lösemittelbasierte Lacke angewendet, kann das Abgas aus den Spritzkabinen und Trocknern vorbehandelt werden, z.B. in einem Adsorptionsrad gefolgt von einer Nachverbrennungsanlage.

In einer LKW-Kabinen-Lackieranlage mit einem Jahresdurchsatz von 25.000 Einheiten betragen die Investitionskosten für die Installation einer Adsorptionsanlage und einer zugehörigen Nachverbrennungsanlage für die teilweise Behandlung der VOC-Emissionen aus der Spritzkabine ungefähr 12 Mio. €, das korrespondiert mit einem Preis von 60 € pro lackiertem Fahrzeug. Zusätzlich treten Energiekosten von 650.000 €/Jahr auf, was pro lackiertem Fahrzeug ungefähr 26 € entspricht.

In einer LKW-Lackieranlage mit einem Jahresdurchsatz von 50.000 Einheiten betragen die Investitionskosten für die Installation einer Nachverbrennungsanlage an den Trocknern ungefähr 15 Mio. €, das korrespondiert mit einem Preis von 30 € pro lackiertem Fahrzeug. Zusätzlich treten Energiekosten von 1,2 Mio. €/Jahr auf, was pro lackiertem Fahrzeug ungefähr 24 € entspricht.
[185, May, et al., 2006]

### 7.4.5 Abwasserbehandlung

Die folgenden Techniken werden im Allgemeinen angewendet:

- in Elektrobeschichtungstauchbädern werden im Allgemeinen Nano- und Ultrafiltration angewendet, siehe Abschnitt 20.12.6
- Kaskadenspülung, siehe Abschnitt 20.7.5.1
- Verwenden von Ionenaustauschern, siehe Abschnitt 20.7.5.2
- kontinuierliche Abführung von Lackschlamm, siehe Abschnitt 20.7.5.6
- Dekantieranlagen, siehe Abschnitt 20.7.5.7.

# 8 COATING OF BUSES

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [118, ACEA, 2005] [186, May, et al., 2006]

## 8.1 General information on the coating of buses

This chapter addresses the integrated environmental protection measures used in the painting of bodies and chassis for buses of the category M2 and M3 (according to Directive 70/156/EWG). In 2005, 30514 buses and coaches were built in the EU. There are about 46 installations across the whole of geographic Europe (including Russia). Turnover relating to buses is included in that for vans and trucks, and all together they are referred to as commercial vehicles. Additional background information can be found in Section 6.1 on the vehicle building industry and on commercial vehicles in Section 7.1 [152, ACEA, 2006].

## 8.2 Applied processes and techniques in the coating of buses

### 8.2.1 Pretreatment

The vehicle bodies are generally treated by applying conventional pretreatment processes such as degreasing and phosphating before the painting takes place. After the pretreatment processes, the ground coat is applied via spray application or dip coating.

### 8.2.2 Ground coating/dip coating

One German production plant uses cataphoric dip coating for the application of a ground coating onto the vehicle bodies. To remove grease, oils, grinding residues and other impurities, the vehicle body shells are previously cleaned in a aqueous-alkaline process (at a temperature of 60 °C). Then rinsing takes place.

To prepare the surface for the following phosphatisation, activation takes place. Applying the conversion layer onto the vehicle bodies (at a temperature in the range of 50 - 55 °C) ensures corrosion protection and the adherence of the coating layer which is applied later. To seal the phosphate layer, the body surface is passivated. The bodies are rinsed several times at an ambient temperature with demineralised water, then the cataphoric dip coating is applied. The material used is water-based with an organic solvents content of about 3 wt-%. Subsequently, the primed bodies are rinsed automatically and manually with demineralised water and are dried at 175 °C (temperature of the substrate) in a drier equipped with a post combustion unit, before they are taken to a cooling zone.

VOC emissions could be reduced by up to 60 % by the implementation of the cataphoric dip coating. This process was implemented in 1990. In addition to dip coating with water-based materials, the spray application of solvent-based 2-component epoxy materials is also still common. These materials contain about 40 - 50 % solvents and are applied via a manual spray application.

### 8.2.3 Underbody protection and seam sealing

After the cleaning of the bus bodies, seam sealing takes place inside and outside as well as in the underbody area. Only after the seam sealing does the application of the underbody protection take place. Underbody protection material is either a 2-component polyurethane or a water dilutable lacquer. Seam sealing and the application of underbody protection is carried out manually.

### 8.2.4 Application of the primer

The primer prepares the surface for the subsequent finish coating. With it, unevenness is filled out and imperfections of the ground coat layer are sealed so that adherence and corrosion protection is ensured. The primer also increases the mechanical resistance of the bus surface.

At present, only solvent-based primers are applied for the coating of buses in Germany. The application is carried out manually, and dried afterwards. In the DaimlerChrysler Neu-Ulm (Germany) plant the primer is applied automatically with high rotating bells and robots. In this case, coloured primers can be used, to avoid the need for two layers of topcoat for colours with low covering qualities.

### 8.2.5 Application of the topcoat

Due to the individual colour design in the production of buses, different layer concepts are used. Although different labels or motifs are applied at a later stage, all buses go through the same painting steps. Either single layer topcoatings (1-coat topcoats) or double layer topcoatings, consisting of topcoat and clear coat. For colours with a low cover strength (such as yellow or red), two layers are applied, and the topcoats are applied manually. This is not required if coloured primers are used.

Since not all colours are available as water-based paints, solvent-based topcoats are exclusively applied at present. For the application of labels or other motifs, foil coatings are used. Even if foil coatings reduce the paint consumption, this does not essentially reduce the VOC emissions since adhesives containing solvents are utilised. Painting processes for buses are carried out manually, which restricts the use of powder coatings.

### 8.2.6 Cavity sealing

For the completion of corrosion protection, surfaces with cavities in the body structure have to be sealed by applying a wax layer. A solvent-based wax with a solvent content of about 60 % is used as a cavity sealant.

### 8.2.7 Alternative systems and abatement techniques

In some cases, water-based paints for the coating of buses are applied (cataphoric dip coating and underbody protection). With one exception, water-based paints are not applied as topcoats. In only one installation, city buses are completely coated with water-based paints. Powder coating is still not used for the serial coating of buses. The application of primary emission reduction measures is still very limited for the painting of buses (as a result of manual application, small volume units and specific customers requests).

For emission reduction, end-of-pipe measures such as post combustion units are utilised for treatment of waste gases from the driers, thus only a small portion of VOC emissions are collected and treated. No experiences have been reported with more efficient emission reduction measures such as combination of adsorption via activated carbon and post-combustion units for the treatment of waste gases from painting booths and driers.

### 8.2.8 Examples of coating installations for buses

Examples of coating installations for buses are the companies of DaimlerChrysler AG in Mannheim and Neu-Ulm, Germany. The production capacities of these installations amount to nearly 2500 and 3000 buses respectively per year. In Mannheim, the vehicle bodies of city buses and touring buses (coaches) are produced and ground coated by cataphoric dip coating.

Touring buses are transported to Neu-Ulm after they have undergone a dip coat application, and are cleaned with hot water and then dried. After that, the coating is applied. Painting steps are similar in both installations. Primarily, spray application is carried out. For underbody protection, a water-based 2-component epoxy resin is processed. To obtain a smooth surface, the vehicle bodies are filled and ground after the flaps have been mounted. Afterwards, a water- or solvent-based primer (2-component epoxy) is applied and ground over again.

In the painting booth, an acrylic priming paint is sprayed onto the body. The material is dried at a temperature of 90 °C. After a further grinding process, the topcoat (2-component material) and then the clear coat is sprayed on. More than 6000 different colours are available as base coats. The buses pass through painting booths and driers up to 15 times, until all labels and motifs have been applied. Pictures and labels are applied via spray applications or even with airbrush techniques, as well as with foil coating.

There are situations where no secondary measures are applied, however, generally thermal oxidation is applied to waste gas from the drying ovens.

As a speciality at the company of DaimlerChrysler AG in Mannheim, a polyurethane material is used for the reduction of structure-borne noise. This material is used instead of PVC noise-dampening matting which are generally bonded with solvent-based adhesives with an average solvent content of about 65 %. The polyurethane material is sprayed onto the vehicle body with a layer thickness from 3 – 8 mm. This implementation is also a contribution to working safety, since less accidents occur and no VOCs are emitted.

This noise protection material is processed inside the buses. Afterwards, a 2-component polyurethane material is applied as an alternative floor covering. In general, a PVC floor covering is utilised in city buses. The material is cut to size and bonded via solvent-based adhesives. As an alternative, a solvent-free polyurethane material is applied via airless spraying. This technique has already been realised for 145 buses (2002). Unlike previous PVC floorings, this surface does not have seams that might not be water tight and, therefore, no corrosion of the vehicle body can occur.

For touring buses, different floor coverings are used; these materials are partly bonded via dispersion adhesives. Also double sided adhesive foils are used.

In summary, the most commonly applied techniques are [8, IFARE and CITEPA, 2002] [138, EGTEI, 2005]:

- electrocoat: water-based (5 wt-% solvent content)
- primer: solvent-based (45 wt-% solvent content); electrostatic application
- topcoat: high solids coat (45 wt-% solvent content); electrostatic application, solvent-based base coat (75 wt-% solvent content); pneumatic application (50 %) and electrostatic application (50 %), solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content); electrostatic application.

Alternative systems which are less commonly applied are:

- electrocoat: water-based (5 wt-% solvent content)
- primer: water-based (8 wt-% solvent content); electrostatic application
- topcoat: high solids coat (45 wt-% solvent content), pneumatic application; solvent-based base coat (75 wt-% solvent content), pneumatic application; and solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content); pneumatic application.

and:

- electrocoat: water-based (5 wt-% solvent content)
- primer: solvent-based (45 wt-% solvent content); electrostatic application
- topcoat: high solids coat (45 wt-% solvent content); pneumatic application, water-based base coat (13 wt.-% solvent content); pneumatic application, and solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content); pneumatic application.

and:

- electrocoat: water-based (5 wt-% solvent content)
- primer: water-based (8 wt-% solvent content); electrostatic application
- topcoat: high solids coat (45 wt-% solvent content); pneumatic application, water-based base coat (13 wt-% solvent content); pneumatic application, and solvent-based clear coat (45 wt-% solvent content); pneumatic application.

Alternatively, emissions are reduced by using spray painting operations with reduced air pressure. Generally electrostatic applications are only used for the primer application.

## 8.3 Current consumption and emission levels in the coating of buses

[13, DFIU and IFARE, 2002]

### 8.3.1 Mass balances

No information submitted.

### 8.3.2 Consumptions

#### 8.3.2.1 Materials

Normally a surface of about 200 m² per bus is coated. Table 8.1 shows specific material consumptions for separate coating layers.

| Material (wt-%) | Specific material consumption (g paint/m$^2$) |
|---|---|
| Cataphoric dip coating, water-based material, 3 – 4 % of organic solvents | 120 – 135 |
| Seam sealing and underbody protection (water-based, manual application) | No data available |
| Primer (solvent-based: 45 % of organic solvents, manual application) | 18 – 22 |
| Primer (water-based: 8 % of organic solvents, manual application) | 22 – 26 |
| 1-coat topcoat solvent-based: 45 % organic solvents, manual application) | 10 – 40 |
| Base coat (solvent-based: 75 % organic solvents, manual application) | 90 – 100 |
| Base coat (water-based: 13 % organic solvents, manual application) | 100 – 110 |
| Clear coat (solvent-based: 45 % organic solvents, manual application) | 50 – 65 |

**Table 8.1: Specific material consumptions for different layers [57, Rentz, et al., 1999]**

#### 8.3.2.2 Water

As in the coating of cars, vans, trucks and cabs, the main water using areas for buses are:

- pretreatment (degreasing)
- conversion coating (phosphating and passivation)
- electrocoating.

The primary use of water is in rinsing stages; less water is lost by evaporation and used for making new solutions. Water management and saving techniques are described in detail in Chapter 20. These include multistage rinsing, techniques to minimise water use, recovering water and raw materials.

#### 8.3.2.3 Energy

Similar to the serial coating of passenger cars, the highest energy demand is caused by the heating of painting booths and driers. Data for the energy demand are not provided.

Spray booth heat consumption as installed: 1200 to 1400 kW, electrical power installed 150 to 170 kW.
Oven: heat capacity installed 500 to 700 kW, electrical power 45 kW.

### 8.3.3 Emissions

#### 8.3.3.1 Emissions to air

VOC emissions from the painting of buses is 0.6 % of the total for the automotive industry [118, ACEA, 2005] and are higher per square metre than those from the serial coating of passenger cars for the same reasons as for trucks, siehe Abschnitt7.3.3.1.

In the plants described in Section 8.2.8, the VOC emissions amount to approximately 225 g/m² without consideration of emission reduction measures for waste gases from the driers. VOC emission values for several bus plants in Europe are given in Figure 8.1:

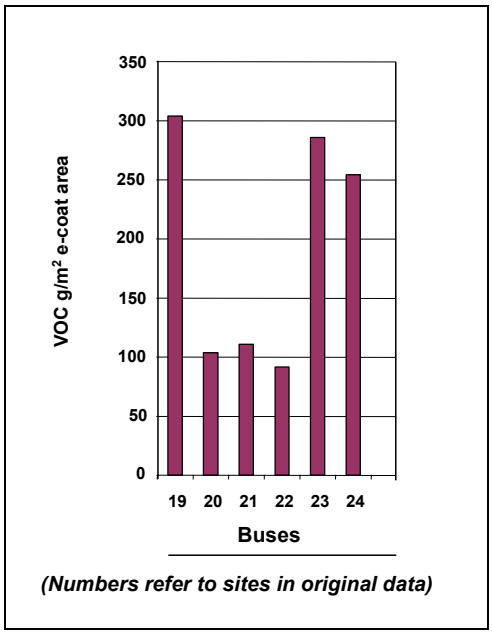


**Figure 8.1: VOC emissions for several bus assembly plants in Europe [118, ACEA, 2005]**

Emissions from cleaning can be reduced to <20 g/m$^2$ by using good practice in housekeeping, cleaning, and substitution techniques such as those referred to in Sections 20.2.2, 20.9 and 20.10 [122, Dupont and May, 2005].

Dust emissions from overspray are commonly below the emission value of 3 mg/m³.

#### 8.3.3.2 Emissions to water

For deposition of overspray, painting booths are generally equipped with venturi washers. The generated paint sludge is used for energy recovery.

#### 8.3.3.3 Waste

Paint sludges generated by overspray are discarded and can be incinerated with energy recovery. Organic solvents that are used for the cleaning of tools and painting booths are generally (externally) recycled or discarded and can be incinerated with energy recovery.

## 8.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Bussen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von Bussen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von Bussen angewendet werden. Tabelle 8.2 zeigt die allgemein bei der Lackierung von Bussen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die Lackierung von Bussen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [138, EGTEI, 2005]

Der Lackierprozess in der Fahrzeugherstellungsindustrie ist hoch komplex und ein vollständig integrierter Vorgang, der aus mehreren unabhängigen Schritten besteht. Da jeder Schritt alle anderen beeinflusst, kann eine Entscheidung über einen Schritt Auswirkungen auf alle anderen Teile des Prozesses haben. Gleichzeitig können einige Kombinationen von Techniken inkompatibel mit anderen sein. Ein bestehendes Auftragssystem kann auch die Auswahl der Beschichtungen begrenzen. Bei der Bestimmung einer Technik als BVT ist es deshalb nicht sinnvoll, einen einzelnen Schritt separat zu betrachten.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 8.2: Referenzen auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 8.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Materialien

**Beschreibung:** Konventionelle lösemittelbasierte Lacke enthalten die folgenden Lösemittelmengen in Gewichtsprozent: 45 % in Grundierungen, 45 % im 1-Schicht-Decklack, 75 % in Basislacken, 45 % in Klarlacken. Der Auftrag erfolgt manuell mit Spritzpistole. Typischerweise werden die Lösemittel aus dem Abgas der Trockner gemindert oder zerstört (siehe Kapitel 20.11), abhängig vom Durchsatz in der Anlage und dem Emissionsgrad.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu wasserbasierten Lacksystemen sind die direkten Energieaufwendungen durch bessere Klimatisierung und beschleunigtes Abdunsten der lösemittelbasierten Systeme geringer. Das schließt jedoch nicht den Energieverbrauch für die Behandlung der Lösemittel aus dem Abgas ein.

**Medienübergreifende Effekte:** In der im Abschnitt 8.2.8 beschriebenen Anlage betragen die VOC-Emissionen ungefähr 225 g/m² dabei sind die Emissionsminderungsmaßnahmen für das Abgas aus dem Trockner nicht berücksichtigt.

**Betriebsdaten:** die Trocknungszeiten sind kürzer als die, die wasserbasierte Systeme erfordern, deshalb können schnellere Durchlaufgeschwindigkeiten durch verkürzte Ofenzeiten bei kleinerem Platzbedarf erreicht werden. Lösemittelbasierte Systeme können in einem größeren Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereich arbeiten. Edelstahlapparaturen sind nicht erforderlich.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Lacke können während aller Phasen des Lackierprozesses verwendet werden (Grundierung, Decklack, Basislack, Klarlack und Reparaturlack), sie können auf Metall und Kunststoff aufgetragen werden. Sie können in neuen und bestehenden Lackieranlagen, bei denen Platzbedarf und Kosten der Verwendung von Alternativen entgegenstehen und wo ein Lackwechsel aus technischen Gründen nicht möglich ist, angewendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Ökonomische und technische Beschränkungen bei bestehenden und bei bestimmten neuen Lackieranlagen machen lösemittelbasierte Materialien zur bevorzugten Option für bestimmte Anlagen. Ebenso treiben steigende Qualitätsanforderungen die Verwendung von lösemittelbasierten Materialien an.

**Beispielbetriebe:** DaimlerChrysler Mannheim, DaimlerChrysler Neu-Ulm beide in Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [186, May, et al., 2006]

## 8.4.2 Ersatz lösemittelbasierter Materialien (Substitution)

### 8.4.2.1 Wasserbasierte Lacksysteme

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Die folgenden wasserbasierten Lacksysteme werden bei der Lackierung von Bussen angewendet:

- Elektrobeschichtung: 3 – 4 Gewichts-%
- Grundierung: 8 Gewichts-% Lösemittelgehalt
- Basislack: 13 Gewichts-% Lösemittelgehalt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es können erhebliche Minderungen beim VOC-Verbrauch und hinsichtlich der VOC-Emissionen erreicht werden. Durch die Verwendung der Elektrotauchlackierung können Grundierarbeiten wegfallen, was zu einer Lösemittel-emissionsminderung von 90 bis 130 g/m² führt.

**Medienübergreifende Effekte:** Es sollten wegen der Staubemissionen keine Elektrotauchlacke, die bleihaltig sind, während der Mahlvorgänge verwendet werden.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Lacke werden mit einer Ausnahme nicht als Decklacke angewendet. Nur in einer Anlage werden Stadtbusse komplett mit wasserbasierten Lacken lackiert.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Elektrotauchlackierung ist nur in Anlagen mit sehr hohem Durchsatz ökonomisch durchführbar (>5000 Busse).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Daimler Chrysler, Mannheim, Deutschland; Iveco Italien.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [186, May, et al., 2006]

### 8.4.2.2 Feststoffreiche Lacke (High-Solid-Lacke)

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.2. High-Solid-Basislacke werden nur für 1-Schicht-Decklacke verwendet und haben einen Lösemittelgewichtsanteil von 40 %. Die Differenz zu normalen Decklacken mit 45 Gewichtsprozenten an Lösemitteln ist nur marginal.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [186, May, et al., 2006]

### 8.4.3 Lackauftrags- und –Lackversorgungstechniken

Die Beschichtung von Bussen wird manuell mit pneumatischen oder elektrostatischen Spritztechniken durchgeführt. Elektrostatisches Spritzen wird nur für Grundierungen verwendet. Es wurden aber keine weiteren Informationen darüber zugänglich gemacht, welche der folgenden Spritztechniken und –apparaturen angewendet werden:

- Konventionelles Hoch- und Niederdruckspritzen, siehe Abschnitt 20.7.3.8
- Niederdruckspritzverfahren (HVLP), siehe Abschnitt 20.7.3.9
- Elektrostatisch zerstäubende Spritzverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.14
- Elektrostatische Hochrotationsglocken, siehe Abschnitt 20.7.3.15
- Elektrostatische Druckluft, Airless- und Airmixspritzverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.17
- Spritzkabinen mit Nassauswaschung, siehe Abschnitt 20.7.4.1
- Spritzkabinen mit Wasser-Emulsions-Verfahren , siehe Abschnitt 20.7.4.3.

#### 8.4.3.1 Elektrotauchlackierung (E-Lackierung)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.4. Alle Elektrotauchlacke (E-Lacke) basieren auf Wasser, ihr Gehalt an organischen Lösemitteln beträgt gewöhnlich 3 – 4 Gewichts-%.

**Erreichte Umwelteffekte:** Typische spezifische VOC-Emissionen betragen in Abhängigkeit von der Oberfläche der Karosserie 6 – 7 g VOC/$m^2$.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Der Vorteil der E-Lackierung ist die gleichmäßige und vollständige Beschichtung (auch in Hohlräumen), es tritt keine ‚Nasenbildung' auf, sie ist hoch effektiv und ermöglicht vollautomatische Prozesse. Nachteile sind die wesentlich höheren Wartungsanforderungen an die Lacktanks und an die Qualitätssicherung.

**Anwendbarkeit:** Derzeit ist die Elektrotauchlackierung weitverbreitet beim Lackieren von Autos, kleinen Nutzfahrzeugen und LKWs, aber sie wird nur in einer kleinen Anzahl von Busmontagewerken angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Elektrotauchlackierung ist mit hohen Investitionskosten und höheren Materialkosten verbunden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Daimler Chrysler Mannheim, Deutschland; Iveco, Italien.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [186, May, et al., 2006]

# 9 COATING OF TRAINS

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

## 9.1 General information on the coating of trains

Besides high optical qualities of the paint, a good corrosion protection is also required for rail vehicles. The applied coating system must resist climatic impacts, aggressive cleaning agents (used for the removal of graffiti) as well as abrasion from sliding contacts. Locomotives that are operated by the German Deutsche Bahn AG are repainted every eight years.

## 9.2 Applied processes and techniques in the coating of trains

The selection of the coating system, materials, colour and layer thickness is determined by the customer. Because of large volume flows and discontinuous operations, waste gas treatment is not used in small installations. However, in some large installations, the treatment of the waste gases from the driers is common practice.

The coating processes of rail vehicles can be divided into the coating of new vehicles and maintenance operations. The coating systems are identical for both processes. Both activities usually take place where the rail vehicles are manufactured. The characteristics of the maintenance operations with environmental impacts are outlined in the following paragraphs and are also valid for new construction:

- reparation of the paintwork in the finishing department or during maintenance operations: The paintwork is partly sanded and renewed
- complete lacquer finish of old rail vehicles: As a function of the lacquer condition, the paint is sanded down to the ground coat or completely removed by blasting
- paint removal and new paint finish: After the reconstruction of rail vehicles, old paint is removed via blasting or sanded down to the ground coat layer. Then, a new coating is applied. In general, paint removal is done manually via grit blasting. For paint removal from aluminium and stainless steel (e.g. superstructures), corundum is used as the blasting shot. For normal steel, steel itself is utilised as the blasting agent. After blasting, the dust is removed from the surface by blowing with compressed air. Usually, all blasting materials are recycled.

The process of constructing and painting new rail vehicles is described in more detail in the following paragraphs. As the applied painting processes of construction and maintenance operations are identical, this is also valid for maintenance processes.

Table 9.1 shows the coating systems used for rail vehicle bodies according to the regulations of the Deutsche Bahn AG as an example for a possible layer construction.

| Area | Layer construction | Material [1] | Layer thickness of dried material (µm) |
|---|---|---|---|
| Complete rail vehicle body<br><br>Outside surfaces:<br>Front and side wall including door and window housing, roof and also head areas made of glass fibre reinforced plastic | **Pretreatment** | **Blasting** | |
| | Ground coat | EP, wb | 60 |
| | Knifing filler | sb | 60 |
| | Primer | PUR or EP primer, wb | 60 |
| | | PUR primer, sb (alternative) | 40 |
| | Topcoat | PUR, sb | 40 |
| | | PUR, wb | 20 – 30 |
| | | Base coat,wb | 40 |
| | | PUR, sb and anti-graffiti paint, sb | 40<br>40 |
| Roof | Primary coat | EP,wb | 80 |
| | Topcoat | EP, wb, thick film | 140 |
| | | EP, sb, thick film (alternative) | 140 |
| Base frame, floor, underbody | Primary coat | EP, wb | 60 |
| | Topcoat | EP, wb, thick film | 140 |
| | | EP, sb, thick film or 1-component underbody protection (alternative) | 140 – 200 |
| Bogie frame | Primary coat | EP, wb | 60 |
| | | EP, sb (alternative) | 60 |
| | Topcoat | EP, wb, thick layer | 140 |
| | | EP, sb, thick layer (alternative) | 140 |
| | DIN component parts | Anti-corrosion wax | |
| Interior surfaces: floor, roof, side and front wall | Primary coat | EP, wb | |
| | Topcoat | EP, wb, thick layer | |
| | | EP, sb, thick layer (alternative) | |
| | Seam sealant | Sealing agent | |
| | Acoustic Insulation | Artificial resins, wb | |

[1] sb: solvent-based, wb: water-based, EP: epoxy, PUR: polyurethane

**Table 9.1: Layer construction for rail vehicles according to the regulations of the Deutsche Bahn AG**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

**Pretreatment of the wagon bodies**
Optional degreasing via aqueous-alkaline cleaning agents is carried out after assembly (especially for aluminium). Subsequently, the interior and the exterior surfaces are cleaned via blasting. The blasting agent is partially recycled.

**Ground coat application (onto exterior areas and interior surfaces)**
Ground coat is applied onto the entire wagon. Paint application is carried out manually via an airless spray application. Besides conventional paints, water-based, 2-component, chromate-free paints, based on epoxy resins are also available. The solvent content of these materials varies from 3 - 5 %. Approximately 60 - 100 µm are applied onto the roof and approximately 200 µm on the sidewalls. Component parts such as luggage racks are coated with solvent-based paints or powder coatings.

**Filling**
After the ground coat is dried, a filler is manually applied via palette knives. The material has a solvent content of about 16 % (of which 8 % is reactive and not relevant for emission). After curing the material, sanding of the sidewalls takes place. Grinding dust is removed by blowing with compressed air and by using cleaning agents. Usually, the filler material is only applied onto welding seams (minimum filler application).

**Primer application (generally only onto exterior surfaces)**
The primer is applied onto the sidewalls via an airmix spray application. As a primer, either a 2-component, amine hardening, water-based epoxy material (containing 3 % of organic solvents) or a solvent-based polyurethane (containing 35 % of organic solvents) is used. The layer thickness amounts to about 60 µm. The drying time is about two to three hours. If a drier is used (80 °C), the drying takes about 45 minutes. The temperature of the substrate may not exceed 45 °C for completed wagons due to the electronic equipment.

**Topcoat application (generally only onto exterior surfaces)**
Depending upon the kind of the track, several layers of topcoat are applied (see Table 9.1). For the Deutsche Bahn AG, six different colours are used for city rail vehicles. Among these, three colours are utilised for coating the sidewalls, one for the roof, one for the underbody and one for the bogie frames. The lacquer is applied via airmix spray applications. In between the paint applications, evaporation takes place (one hour). After the last layer is applied, the paint is dried at temperatures of 50 - 60 °C. After two hours, the finished surfaces are masked and the next paint layer is applied. The layer thickness of the paint that is applied onto the sidewalls amounts to 40 µm. It can be up to 120 µm depending on the number of paint layers. About 120 µm is applied onto the roof.

Predominantly, solvent-based topcoats and clear coats are processed. Customers do not often accept them. Good performance is needed from coating systems. This is important especially for high speed trains (300 km/h), for regular cleaning and removal of graffiti. Although water-based materials are already available, solvent-based topcoats are still preferred for the reasons mentioned earlier, and sometimes prescribed by specifications.

**Underbody protection**
The underbody is coated with a water-based underbody protection via an airless spray application. A minimum layer thickness of 120 - 200 µm is applied.

## 9.3 Current consumption and emission levels in the coating of trains

### 9.3.1 Mass balances

No data submitted.

### 9.3.2 Consumptions

#### 9.3.2.1 Materials

In Table 9.2, the material consumption for specific paint layers is listed. The total solvent input (from thinners, cleaning agents and paints) of the inspected installation was 177.6 t in 1999. Data for individual films of paint could not be determined.

| Paint/substrate | Consumption (kg) |
|---|---|
| Ground coat | 200 |
| Primer | 35 – 40 |
| Topcoat: | |
| Roofs | 35 |
| Windows | 35 |
| Braids, decor strips | 5 |
| Sidewall underneath windows | 15 |
| Underbody protection | 150 – 200 |

**Table 9.2: Material consumption per coated wagon**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

#### 9.3.2.2 Water

No data supplied.

#### 9.3.2.3 Energy

Due to discontinuous operation of the installation and different geometries of the rail vehicles, the energy demand per coated surface cannot be specified.

### 9.3.3 Emissions

#### 9.3.3.1 Emissions to air

Only dust from overspray and blasting is deposited. Emission values of less than 3 mg/m³ are achieved. VOC from coating processes are emitted to the air as direct or fugitive emissions. In some installations, which are subject to approval, thermal oxidation units are already used for treating the waste gases from the driers. Emission values of less than 50 mg/m³ are achieved.

However, as spray booths are extremely large and exhaust air volumes are around 200000 $m^3$/h, dry filtering systems are preferred.

If a standard, solvent-based paint system without waste gas cleaning is applied, about 326 g VOC/m² are emitted. From the total solvent input of 187.6 tonne into the inspected plant, 134.08 tonne were emitted and 53.52 tonne was disposed of as waste (a thermal combustion unit is not installed).

By the implementation of the following measures, emission values of <110 g VOC/m² are achieved:

- material specific techniques:
  - application of water-based ground coats, primers and topcoats
  - only for two-layer lacquer finishes, an application of a conventional clear coat
  - water-based primers and underbody protection in combination with thick layer materials
  - water-based primers and fillers
  - minimum use of knifing fillers and use low styrene content filler
  - processing of pre-coated (coil-coated) materials for new construction of rail vehicles
- process specific techniques:
  - reduction of painted surfaces, for example, by the use of adhesive foils for decorative designs or as graffiti protection
  - efficient application devices: HVLP, airless and air assisted airless spraying
  - recycling of cleaning agents via distillation of solvent containing paint wastes and paint sludge
  - use of automated supply of coagulant for wet precipitation for increased service life of the water.

#### 9.3.3.2 Emissions to water

Waste water is generated by the wet precipitation of overspray and the cleaning of application devices. More detailed data could not be determined.

#### 9.3.3.3 Waste

Amongst other things, the following wastes are generated from the painting of rail vehicles:

- paint sludge
- air filters
- cleaning agents
- masking paper
- waste paints
- paint containers
- blasting agents.

## 9.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Schienenfahrzeugen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von Schienenfahrzeugen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Farbauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von Schienenfahrzeugen angewendet werden. Tabelle 9.3 zeigt die allgemein bei der Lackierung von Schienenfahrzeugen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchten Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Table 9.3: Referenzen auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 9.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** Konventionelle lösemittelbasierte Lacke sind: Füller (auf Polyurethanbasis), Grundierungen, Decklacke und Klarlacke.

Gewöhnlich werden die Lösemittel aus dem Abgas der Trockner und der Spritzkabinen nicht behandelt. In einigen Situationen wird das Abgas aus den Trocknern aber mittels thermischer Nachverbrennung behandelt.

Ein berichteter VOC-Emissionsfaktor aus der Anwendung eines lösemittelbasierten Systems ist 326 g/m$^2$ (ohne Emissionsminderungsmaßnahme).

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wurden keine berichtet.

**Medienübergreifende Effekte:** Höhere VOC-Emissionen als bei anderen Lacksystemen.

**Betriebsdaten:** Die erforderlichen Trocknungszeiten sind kürzer als bei wasserbasierten Systemen. Deshalb können schnellere Durchlaufgeschwindigkeiten durch verkürzte Ofenzeiten bei kleinerem Platzbedarf erreicht werden. Lösemittelbasierte Systeme können in einem größeren Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereich arbeiten. Edelstahlapparaturen sind nicht erforderlich. Es ist allgemeine Praxis, das lösemittelhaltige Abgas zu behandeln.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Lacke können während aller Phasen des Lackierprozesses verwendet werden (Grundierung, Decklack, Basislack, Klarlack und Reparaturlack).Sie können auf Metall und Kunststoff aufgetragen werden. Sie können in neuen und bestehenden Lackieranlagen, bei denen Platzbedarf und Kosten der Verwendung von Alternativen entgegenstehen und wo Materialwechsel aus technischen Gründen nicht möglich ist,angewendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Ökonomische und technische Beschränkungen bei bestehenden Lackieranlagen und bei bestimmten neuen Lackieranlagen machen lösemittelbasierte Materialien zur bevorzugten Option für bestimmte Anlagen. Ebenso treiben steigende Qualitätsanforderungen die Verwendung von lösemittelhaltigen Materialien an.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 9.4.2 Substitution lösemittelbasierter Beschichtungsstoffe

### 9.4.2.1 Wasserbasierte Lacke

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Folgende wasserbasierte Lacksysteme werden bei der Lackierung von Schienenfahrzeugen angewendet:

- Grundierung: 3 - 5 Gewichts-% organische Lösemittel, 2-Komponenten-Lack, chromatfrei, auf Epoxidbasis
- Füller: 3 Gewichts-% organische Lösemittel, 2-Komponenten-Lack auf Epoxidbasis
- Decklack
- Unterbodenschutz.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Wasserlacke werden normalerweise nicht als Decklacke angewendet. Die Deutsche Bahn AG benutzt aber wasserbasierte Grundierungen, Füller und Decklacke für Reparaturarbeiten.

Auch wenn wasserbasierte Decklacke (1-Schicht-Decklacke und Metalliclacke) mit gleichen Eigenschaften zur Verfügung stehen, werden sie noch nicht durch den Kunden akzeptiert und deshalb nur sporadisch angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Deutsche Bahn AG, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002]

### 9.4.2.2 Highsolid-Lacke (Lacke mit hohem Feststoffgehalt)

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.2.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** High Solid- Lacke werden nur für 1-Schicht-Decklacke angewendet und haben einen Lösemittelanteil von 45 Gewichts-%

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

#### 9.4.2.3 Bandbeschichtete Materialien

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.8. Bandbeschichtete Materialien können für Teile angewendet werden und den Spritzprozess ersetzen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Minderungen von VOC-Emissionen, abhängig von den Spritzarbeiten, die durch den Einsatz von bandbeschichteten Materialien ersetzt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Bandbeschichtete Materialien werden in steigendem Maße für die Produktion von Zügen, Personenwagen und Waggons eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002]

### 9.4.3 Lackauftrags- und –versorgungstechniken

#### 9.4.3.1 Konventionelles Hoch- und Niederdruckspritzen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.8. Diese Lackauftragstechniken werden allgemein angewendet.

#### 9.4.3.2 Niederdruckspritzverfahren (HVLP)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.9. Diese Lackauftragstechnik wird allgemein angewendet.

#### 9.4.3.3 Airlesszerstäubung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.11. Diese Lackauftragstechnik wird allgemein angewendet.

#### 9.4.3.4 Elektrostatische Druckluft, Airless- und Airmixspritzverfahren

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.17. Diese Lackauftragstechniken werden allgemein angewendet.

#### 9.4.3.5 Spritzkabinen mit Nassauswaschung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.4.1.

### 9.4.4 Verminderung des Rohstoffverbrauches

Automatische Mischsysteme, z.B. Online-Mischen von zu verwendenden 2-Komponenten-Produkten. Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.1.

### 9.4.5 Abwasserbehandlung

#### 9.4.5.1 Ultra- und Nanofiltration

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.12.6. Ultra- und Nanofiltration werden beide angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 9.4.6 Abgasbehandlung

#### 9.4.6.1 Partikelabscheidung mit Venturisystemen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 12.4.5.1. Venturiabscheider werden zur Erhöhung der Effektivität von Adsorptionsanlagen verwendet (siehe Abschnitt 9.4.6.2). [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 9.4.6.2 Wäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.8. Es werden Spritzkabinen angewendet, siehe Abschnitt 20.7.4.1. Es wurden jedoch keine Informationen zur Verfügung gestellt, wie das Abgas behandelt wird. Emissionswerte von <3 $mg/m^3$ Staub aus der Spritzkabine wurden berichtet. [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 9.4.6.3 Trockenfiltersysteme

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.6. Emissionswerte von <3 $mg/m^3$ Staub aus der Spritzkabine werden berichtet. [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 9.4.6.4 Elektrofilter

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.7. Emissionswerte von <3 $mg/m^3$ Staub aus der Spritzkabine werden berichtet. [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 9.4.6.5 Thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.2. In einigen Anlagen wird die thermische Nachverbrennung für die Behandlung des Abgases aus dem Trockner benutzt. Aber nur 20 % der gesamten eingesetzten Lösemittelmenge werden aus dem Trockner emittiert. Die anderen 80 % der Lösemittel werden als diffuse Emissionen emittiert oder verbleiben im Abfall. Das Abgas aus den Spritzkabinen wird nicht behandelt. [13, DFIU und IFARE, 2002]

# 10 COATING OF AGRICULTURAL AND CONSTRUCTION EQUIPMENT

[13, DFIU and IFARE, 2002] [87, ISACOAT, 2004] [128, TWG, 2005]

## 10.1 General information on the coating of agricultural and construction equipment

The machinery produced in this industry are vehicles (e.g. tractors, earth movers, etc.), or equipment used for specific purposes, which may or may not be mobile (e.g. screens or sieves). To cover the whole range of activies, the term agricultural and construction equipment is used here. Most companies manufacture their machines during the whole year while selling them mainly in spring. Due to the heavy seasonal fluctuations of the business, machines are placed outdoors with the impact of UV radiation, rain, marine atmosphere, sometimes for almost a year between manufacturing and vending, so gloss and colour retention, adhesion and corrosion protection are critical issues. However, the main task is corrosion prevention. In use, the coating has to sustain heavy mechanical and chemical stress. Chemical corrosion occurs due to aggressive liquids arising from the materials handled (e.g. potatoes, manures) and moisture. The life of the coating does not generally survive as long as the vehicle. Optical qualities of the surface are less critical than for cars.

Large enterprises are typically those manufacturing self-driving machines. Due to relatively high technological and optical demands, pretreatment and coating processes are quite sophisticated. Paint consumption is above 50 tonnes per year, associated with a solvent consumption of between 5 and 50 tonnes per year.

## 10.2 Applied processes and techniques in the coating of agricultural and construction equipment

Common issues for all kinds of coating of agricultural and other machinery:

- complex and large three-dimensional objects
- relatively thick metal sheets which are processed by laser-cutting, welding, etc.
- necessity of pretreatment due to processing rough edges, residues, rust and oil on metal surfaces
- multiple substrates (steel, cast metal, wood, thermoplastics, duroplastics, fibre-enforced plastics, pre-assembled parts)
- pneumatic, airmix and airless application, electrostatically assisted application, dipping, or/and electrocoating are possible
- limited baking conditions due to mass or pre-assembled thermosensitive parts
- one main solid topcoat colour (typical for the brand) and a few additional colours (design)
- single or dual layer system (primer plus topcoat on visible external surfaces, or single layer topcoat)
- high quality of finish with regard to corrosion protection (edges), gloss and colour retention, chemical resistance, adhesion, etc.

The typical process in central Europe for large self-driving machines (combine harvesters, potato seeders/harvesters) includes electrocoating (anodic single layer or cathodic primer) and topcoat application over primer (2-component high solids solventborne, sprayed on partial surface areas, or waterborne topcoat, applied by dipping). However, traditional technologies are still widely spread, especially for smaller machines.

Primers and single layer topcoats have to reach all parts of the machines. Due to the complex structure of objects, dipping of components before assembly is therefore the preferred process option, and can be automated. If installations are not available because low capacity cannot justify the investment, spray application is feasible with some drawbacks on quality issues. In order to reach the internal surfaces of machines, airmix application is preferred. For external surfaces, electrostatic support of the application is feasible and widely used.

**Traditional technologies**
Primers: polyvinyl butyrate (PVB) based, or acid hardened alkyd (phosphoric acid), for spray operations; or dipping with solventborne materials (organic solvents or chlorinated hydrocarbons, based on alkyd resins).

Single layer topcoat: dipping with solventborne materials is widely used; alkyd coatings contain organic solvents, even chlorinated hydrocarbons are still used.

Topcoat: traditionally solventborne polyester/alkyd.

**New technologies**
Primer: 2-component epoxy-based, solventborne or waterborne, for spraying; or waterborne coatings for conventional and electrocoating; resins are mainly polybutadiene (anodic electrocoat) or epoxy.

Single layer topcoat: waterborne coatings are available for conventional and electrocoating; resins are mainly acrylic due to demands for UV stability.

Topcoats: isocyanate hardened acrylate/polyester (medium solids, high solids, or waterborne), or one component acrylic (waterborne, high bake), for spraying; or polyester or acrylic coatings (waterborne) for conventional dipping. Powder coat has been used successfully.

Usually, there is only one colour primer and a maximum of four colours for liquid topcoats. So for epoxy primer as for isocyanate hardened topcoats, 2-component mixing machines are technically and economically feasible.

## 10.3 Current consumption and emission levels in the coating of agricultural and construction equipment

### 10.3.1 Mass balances

No data submitted.

### 10.3.2 Consumptions

#### 10.3.2.1 Materials

No data submitted.

#### 10.3.2.2 Water

No data submitted.

#### 10.3.2.3 Energy

No data submitted.

### 10.3.3 Emissions

This industry is classed as ‘other coatings’ in the SED [123, EC, 1999](see Annex 24.6).

#### 10.3.3.1 Emissions to air

Waste gas from painting booths and driers is treated by post-combustion; concentrations below 20 mg C/m³ in the clean gas are achieved. Therefore, VOC emissions result primarily from diffuse sources, such as evaporation zones located in front of driers.

#### 10.3.3.2 Emissions to water

The rinsing tanks used for the pretreatment of workpieces generate waste water. In an installation, about 18 - 20 m³ per day of waste water is generated. This amount can be halved by the implementation of the cascade technique. Due to the ultrafiltration unit, the dip coating installation does not generate waste water.

#### 10.3.3.3 Waste

For a recycling of dip coat material from subsequent rinsing tanks, ultrafiltration can be used. The amount of waste paint containers can be reduced by the use of large returnable containers for standard topcoats.

## 10.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Landmaschinen und Baumaschinen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von Land- und Baumaschinen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von Land- und Baumaschinen angewendet werden. Tabelle 10.1 zeigt die allgemein bei der Lackierung von Land- und Baumaschinen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 10.1: Referenz auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

### 10.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** Konventionelle lösemittelbasierte Materialien für die Spritzapplikation können säurehärtende Alkyde, Polyester, Polyvinylbutyrat (PVB), 1-Schicht-Decklack oder 2-Komponenten-Decklack (50 % organische Lösemittel) sein. Zum Tauchen werden immer noch chlorierte Kohlenwasserstoffe oder auch nicht-chlorierte Lösemittel mit Alkydharzen verwendet. Siehe Abschnitt 20.7.2.1.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Chlorierte Kohlenwasserstoffe mit den Gefahrensätzen (R-Sätzen) R45, R64, R49, R60 und R61 sind gefährlich für die menschliche Gesundheit. Die mit dem R-Satz R59 sind Ozon-abbauende Substanzen.

**Betriebsdaten:** Tauchen ist immer noch weit verbreitet. Das manuelle Spritzen mit elektrostatischen Niederdruckspritzpistolen (HVLP) erzielt Schichtdicken von ungefähr 25 µm. Der Overspray wird trocken entfernt (Trockenfilter). Das Trocknen erfolgt in einem konventionellen Trockner, dessen Abgase in einer Nachverbrennungsanlage behandelt werden.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für herkömmliches Lackmaterial (chlorierte Tauchlacke, PVB-haltige Lacke) sind gewöhnlich sehr gering in Bezug auf Kilogramm- oder Literpreis im Vergleich zu Alternativen wie Epoxid-haltigen Grundierungen oder Elektrotauchlacken. Dennoch kann aber gezeigt werden, dass in Bezug auf Kosten pro Quadratmeter oder pro lackiertes Objekt die Gesamtprozesskosten neuer Technologien ziemlich konkurrenzfähig sind (einschließlich Materialverbrauch, Investitionskosten und Abschreibungen, Arbeitskraft, Energie und anderer Prozesskosten). Dies ist insbesondere zutreffend, wenn eine adäquate Ausnutzung der installierten Kapazität erreicht wird.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [87, ISACOAT, 2004] [128, TWG, 2005]

## 10.4.2 Ersatz (Substitution) und Minderung lösemittelbasierter Bescichtungsstoffe

### 10.4.2.1 Wasserbasierte Lacksysteme

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Wasserbasierte Lacksysteme werden verwendet für:

- Elektro(tauch)lack: 2 – 6 Gew.-% Lösemittelgehalt
- 1-Schicht-Decklack: 11 Gew.-% Lösemittelgehalt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Lacksysteme werden gewöhnlich als Elektrotauchlack und beim 1-Schicht-Decklack angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 10.4.2.2 Pulverbeschichtung

**Beschreibung** Siehe Abschnitt 20.7.2.6. Ein Hersteller hat den konventionellen Decklackprozess mit lösemittelbasiertem Lack durch eine Pulverbeschichtung ersetzt. Es werden vor der weiteren Oberflächenbehandlung eine innovative Badpflege und ein Spülsystem mit wässriger Reinigung verwendet. Nach der Vorbehandlung wird das Werkstück als erstes mit einem wasserbasierten Tauchlack beschichtet, danach mit einem Pulverdecklack.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte VOC-Emissionen, und Lösemittel- und Energieverbrauch. Tabelle 10.2 zeigt Lösemittel- und Energieverbrauchsdaten aus zwei Anlagen, d.h. alt und neu.

| | alte Anlage | neue Anlage |
|---|---|---|
| **Lösemittelverbrauch** | 41 g/m² | 13.6 g/m² |
| **Gesamtenergie** | 49.97 MWh/a | 27.73 MWh/a |
| **Spezifische Energie für das Trocknen** | 6.84 kWh/m² | 5.48 kWh/m² |

**Tabelle 10.2: Lösemittel- und Energieverbrauchsdaten aus zwei Anlagen , d.h. alt und neu**

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Oberflächenbeschichtung findet vor dem Zusammenbau der Fahrzeuge statt. Das Abgas aus der vorhergehenden kathodischen Tauchgrundierung und aus dem Trockner nach der Grundierung und der Pulverbeschichtung wird durch eine regenerative Nachverbrennung geleitet. Es werden Emissionswerte von 20 mg C/m³ erreicht.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten für neue Pulverbeschichtungsanlagen betragen 1.35 Mio. €. Der Prozess arbeitet hochwirtschaftlich.

**Gründe für die Einführung:** IVU-Richtlinie, EU-Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG.

**Beispielbetriebe:** CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [104, UBA - DE, 2004]

#### 10.4.2.3 Bandbeschichtetes Material

Siehe Abschnitt 20.7.2.8. Einige Hersteller wenden eine Elektrotauchlackierung und Decklackbeschichtung an, bevor der Zusammenbau stattfindet, hier kann bandbeschichtetes Material eine Option sein.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 10.4.3 Lackauftrags- und - versorgungstechniken

Das Spritzen von Land- und Baumaschinen erfolgt manuell, durch Tauchen, unter Verwendung konventioneller pneumatischer und elektrostatischer HVLP-Spritztechniken, siehe jeweils Abschnitt 20.7.3.8 und Abschnitt 20.7.3.9. Es sind aber keine weiteren Informationen zur Verfügung gestellt worden, wie die im Folgenden genannten Spritztechniken und -apparaturen angewendet werden:

Elektrostatisch zerstäubende Spritzverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.14
- Elektrostatische Hochrotationsglocken, siehe Abschnitt 20.7.3.15
- Elektrostatische Druckluft, Airless- und Airmixspritzverfahren, siehe Abschnitt 20.7.3.17
- Herstellung von Pulverlacken – elektrostatisch unterstütztes Spritzen, siehe Abschnitt 20.7.3.18
- Spritzkabinen mit Nassauswaschung, siehe Abschnitt 20.7.4.1
- Spritzkabinen mit Wasseremulsionstechniken, siehe Abschnitt 20.7.4.3.

#### 10.4.3.1 Konventionelles Tauchen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.3. Tauchen wird für das Aufbringen von 1-Schicht-Decklacken verwendet. Es werden gewöhnlich Schichten von 85 µm erreicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Im Vergleich zum Spritzen werden dickere Lackschichten erzielt, was deshalb zu einem höheren Verbrauch an Rohstoffen führen könnte, auch wenn die Effizienz des Spritzauftrages gering ist. Beim Tauchen wird normalerweise eine Schichtdicke von 85 µm erzielt, und beim Verwenden des Niederdruckspritzens (HVLP) kann eine Schichtdicke von 50 µm erreicht werden.

**Betriebsdaten:** Einige Hersteller wenden Decklacke (und Elektrotauchlacke) auf Werkstücken an, bevor die Montage stattfindet. Neben anderen Vorteilen können dadurch mehr automatisierte Prozesse verwendet werden. Das Tauchlackieren benötigt aber einen gewissen Mindestdurchsatz (lackierte Oberfläche) im Vergleich zum Behältervolumen, um Standzeiten von mehr als einem Jahr bis zum vollständigen Ersatz des Tankinhaltes zu vermeiden.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002, 87, ISACOAT, 2004]

#### 10.4.3.2 Elektrophoretische Tauchlackierung (E-Coat)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.4. Alle Elektrotauchlacke sind wasserbasiert (Wasserlacke), ihr Gehalt an organischen Lösemitteln beträgt typischerweise 2 – 6 Gewichts-%, und sie sind bleifrei.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es kann eine Effektivität von ungefähr 98 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Man hat herausgefunden, dass beim Lackieren von Land- und Baumaschinen der Energieverbrauch für das Phosphatieren und den Auftrag von Grundierung mittels Tauchlackierung viel höher ist als bei konventioneller Vorbehandlung und Farbauftrag. Dementsprechend sind die $CO_2$-Emissionen höher.

**Betriebsdaten:** Einige Hersteller verwenden Tauchlacke (und Decklacke) auf Werkstücken, bevor die Montage stattfindet. Neben anderen Vorteilen können dadurch mehr automatisierte Prozesse verwendet werden.

**Anwendbarkeit:** Derzeit ist Elektrotauchlackieren mit Anwendung von E-Lacken weitverbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Mit dem Elektrotauchlackieren sind hohe Investitionen und Materialkosten verbunden. Durch die Einführung von automatisierten Prozessen können möglicherweise Einsparungen bei Lohnkosten auftreten.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 10.4.3.3 Niederdruckspritzlackieren (HVLP)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.9. Die Substitution des Tauchlackierens durch Spritzauftrag für Decklacke zeigt, dass Taktzeiten reduziert werden können, die auch die Kosten reduzieren.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Das Verwenden von HVLP-Spritzpistolen ist noch sehr begrenzt. Es wird eine Auftragswirkungsgrad von über 50 % angenommen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 10.4.4 Ausbildung/Training

**Beschreibung:** Neue Lacksysteme (wie wasserbasierte oder High-Solids) erfordern eine Anpassung des Auftragsverhaltens, da andernfalls die aufgetragenen Schichten zu dick werden. Im Allgemeinen zeigen neue Lackmaterialien häufig begrenzte Anwendungsfelder, demzufolge müssen die technischen Anlagen und die Fähigkeiten der Bediener verbessert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [87, ISACOAT, 2004]

### 10.4.5 Chargenlackierung/Farbgruppierung

Diese Technik wird allgemein angewendet, da die Anzahl der aufgetragenen Lacke normalerweise begrenzt ist, siehe Abschnitt 20.6.3.6.

### 10.4.6 Abgasbehandlung

Die folgenden Techniken werden üblicherweise angewendet:

- die Lösemittel aus dem Abgas der Trockner werden abgeschieden, gemindert oder zerstört (siehe Abschnitt 20.11.2.5), abhängig vom Durchsatz der Anlage und den Emissionswerten
- Trockenfiltersysteme, siehe Abschnitt 20.11.3.6. Es wird die ‚Trockenabscheidung' von Lackpartikeln angewendet
- Elektrofilter, siehe Abschnitt 20.11.3.7. Es wird die ‚Trockenabscheidung' von Lackpartikeln angewendet.

### 10.4.7 Abwasserbehandlung

Die folgenden Techniken werden üblicherweise angewendet:

- Ultra- und Nanofiltration wird üblicherweise bei Elektrotauchbädern angewendet, siehe Abschnitt 20.12.6
- Kaskadenspülung, siehe Abschnitt 20.7.5.1
- Verwenden von Ionenaustauschern, siehe Abschnitt 20.7.5.2.

# 11 COATING OF SHIPS AND YACHTS

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 11.1 General information on the coating of ships and yachts

Ships are largely constructed from shipbuilding steel, and yachts are constructed from ship building steel and aluminium, as well as FRP (fibre reinforced plastics). These materials corrode or deteriorate if unprotected and must, therefore, be preserved by means of corrosion protection systems. The required costs in the case of ship construction amount to about 3 to 7 % of the total construction costs. Corrosion protection enhances ship safety during passage, maintains the ship's value and reduces maintenance costs. Different parts of a ship, e.g. the hull (above and below water), outside decks, hold and tanks, are exposed to a varying degree of corrosion so that different corrosion protection systems are applied. Fouling prevention by the application of anti-foulings is also important. Resistance to mechanical action on surface areas and decks, and visual quality in various areas are also key factors in the specification of coatings.

The requirements for the coating of ships and yachts are different. For the painting of merchant ships, adhesion, corrosion protection and prevention of fouling are the key issues. For the coating of yachts, appearance also play a crucial role, therefore, the coating of merchant ships and yachts are described separately. Due to different construction, coating and pretreatment processes, the painting of new ships and the repair and maintenance are also considered separately. No information on the painting of warships has been submitted.

In 2004, European shipyards completed 360 ships, representing more than 4 million CGT (compensated gross tonnes), 17 % of the world market share in volume, with a value of more than EUR 10000 million – about 30 % of world turnover. Of the total volume in CGT, 26 % was container ships, 24 % passenger ships and 12 % product and chemical carriers. The European ship repair activities amounted to a total turnover of EUR 1900 million in 2004.

The EU's recreational boating industry comprises 37200 businesses with at least 272000 direct employees generating in the region of EUR 23400 million in revenue. Yacht building and repair ranges in scale from craftsman to large manufacturers, i.e. in production volumes or size of yachts, and approximately 98 % of these businesses are SMEs.This figure also includes marine engine manufacturers, marine and yacht paint manufacturers, high technology electronics companies and equipment manufacturers.

## 11.2 Applied processes and techniques in the coating of ships and yachts

Coating systems consist of one or more layers of solvent-based, low solvent or non-solvent coatings. The bonding agent bases are predominantly epoxy resin (usually 2-component), polyurethane, acrylates, alkyd resin and chlorinated rubber. The total layer thickness is between 200 and 1000 µm. A thicker layer of special top coatings are usually applied to ramps and working areas. Coating materials are usually applied by means of airless spraying processes, which enable the processing of low solvent and non-solvent products. Application by rollers and brushes is widely used in coating yachts, and rollers are used for pre-delivery coating of passenger ships. They are not widely used in other parts of the industry (with the exception of small areas).

For new construction of ships and yachts, and yacht repair and maintenance, both the preparation and coatings are generally agreed between the shipyard and the customer. The specification will consider the required corrosion and physical protection, appearance and antifouling, and also the warranty requirements. In repair and maintenance yards, the customer has more influence on coating choice and may purchase the coatings directly.

### 11.2.1 New construction

The coating of ships is mainly carried out by contractors that specialise in corrosion protection for shipbuilding. In modern shipbuilding, sheet metal is made into sections or block stages. These are large sub-assemblies which are then joined together in a building dock or slipway (ships were previously built in the dock from the keel up). These are then coated after surface pretreatment with a coating system according to the specification. Multiple coating of the sections takes place in the open air, in large shipbuilding halls (usually a covered dry dock or covered slipway) or in specially equipped blasting and coating shops. Areas left free of coating for welding are finished on the completed hull on the stocks or in the dock. In smaller shipyards, the hull is completely coated once it is assembled on the stocks or in the dock.

Corrosion protection begins with primary surface pretreatment according to standard specifications on degrees of preparation. All steel plates and sections used to construct the ship are completely cleaned of mill scale, rust and other impurities through blasting in automated plants. This gives the steel surface a specific roughness to ensure good coating adhesion. Subsequently, a shop primer (solvent- or water-based) is sprayed on which protects the steel until further coating is applied. Steel plates and sections are often treated with a shop primer by the supplier. Surface treatment of the assembled steel plate sections, or of the complete hull, is carried out by partial blasting with a dry or wet agent or by angle grinding. This removes corrosion on welding seams as well as all impurities, and roughens the surface. At large shipyards, sections are treated in dedicated blasting and coating shops.

In enclosed areas, ventilation systems are used and may include dust and VOC abatement. Blasting grits can be collected and treated for re-use and/or recyling.

The coating of yachts is carried out either by a specialist team within the yard or by specialist contracters who can achieve the quality of finish required for the yachts. Increasingly, water-based shop primers are being used for both steel and aluminium yachts.

### 11.2.2 Ship repair and ship maintenance

Repair and maintenance (including painting) of the hull is carried out during dry docking in graving (concrete) or floating (steel) docks. Depending on the condition of the surface, the damaged areas are cleaned and recoated, or the paint is completely removed from the hull for repainting. Cleaning of the areas to be treated can be by dry or wet blasting or high pressure fresh water jetting.

The paints are specified by the ship owners. Large repair yards may treat four or more ships simultaneously, with paints specified from different suppliers.

### 11.2.3 Coating of ships

The preparation for, and application of, coatings for new build construction and for maintenance is usually in areas open to the outide air.

**Corrosion protection of the hull**
Coating is carried out according to the lifetime of the antifouling, the corrosion protection required and the colour required. The area to be coated is degreased, and the coats of alkyd resin, polyurethane or acrylic resin are applied. In critical areas, such as the whole external area, in holds and water tanks, single and multilayered epoxy resin (2-component) coatings are generally used. Chlorinated rubber coatings are rarely used, as the chlorinated solvents used are controlled by EU regulations. The coatings meet visual requirements, such as colour and gloss, as well as resistance to mechanical and corrosion action. Coating materials are generally supplied in 20 litre pails, although for large scale applications, 1000 litre re-usable (IBC) containers can be used.

**Tie coat (hull)**
As a tie coat (coupling agent) between the corrosion protection paint and the final coat of antifouling paint, a solvent-based, 1- or 2-component vinyl resin or epoxy tie coat is applied. For some paint systems, a coupling agent is not necessary if the application of the antifouling paint is undertaken within 36 hours after the application of the corrosion protection material, although this technique (wet on wet) is rarely used. The coupling agent is also applied via the airless spraying technique. The layer thickness amounts to approximately 75 - 100 µm.

**Antifouling (hull)**
[128, TWG, 2005] [175, Kiil, et al., 2006/07]
Antifouling paints are applied to ship hulls to prevent settlement and growth of fouling organisms (bacteria, algae and animals). Settlement of such fouling increases the surface roughness leading to increased frictional resistance, which in turn leads to increased fuel consumption to keep the same speed or decreased speed at the same fuel consumption. Up to 150 kg of organisms can settle on one m² surface area within six months. The increased frictional resistance can raise the fuel consumption by up to 40 %. This will result in either increased bunker costs or expenses due to lost earnings or time delays. Fouling of the ship hull also decreases the manoeuvrability of the vessel and increases the possibility of premature corrosion. Further, by applying antifouling paint the potential for transmigration of fouling organisms is also decreased.

The antifouling coatings predominantly used today contain organic and inorganic biocides incorporated into a binder system. The biocides are released from the paint in a controlled manner creating a microlayer of sufficient concentration over the hull surface to prevent the organisms from settling onto it. Up until 2003, most of the antifouling paints used organotin compounds as biocides incorporated into the self-polishing binder system. Due to increased concern about the reported adverse effects in the marine environment (e.g. on certain snails and oysters), the International Maritime Organisation (IMO), a UN body, placed TBT on the work programme during the 90s. In October 2001, IMO adopted the International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships banning the application of TBT-based paint on ships from January 2003. From January 1, 2008 the use of active TBT-based paint is prohibited which means that any TBT-based paint on the ships hull must either be sealed off or removed by that date. In the EU, this ban was enforced by an amendment to the Marketing and Use Directive whereby application of tin-based paint was banned in EU shipyards by 1 January 2003. Further, an EU Regulation was implemented which in principle implements the IMO Convention in all EU countries from 1 July 2003. Today the major antifouling paint manufacturers have phased out TBT-based antifouling paints from their product ranges.

The organic biocides used in current IMO compliant antifouling paints (1 - 10 % w/w) are rapidly degraded once they are released from the paint surface. Almost all antifouling paints contain copper of up to 50 % w/w as the main biocide. Copper is a metal and not biodegradable, but most of the dissolved copper is complexed with organic and particulate matter in the water and the availability to organisms is thereby reduced or completely removed. Sedimentation removes the complexed copper into the sediment compartment where it is tightly bound to organic matter and inorganic compounds.

Every two to five years, the antifouling coating on the ship's hull is renewed in dry dock depending upon the type of coating and the service time of the vessel. The remains of the exhausted paint are usually removed by blasting (grinding or brushing may be used in some cases) and the anticorrosion paint is repaired. Subsequently, the complete hull is coated with a solvent-based antifouling paint applied by airless spraying in a dry film thickness of 150 - 500 micron per coat, depending upon the specification. The overspray is partly emitted into the environment via wind, in the runoff from rainfall or via flooding of the dry dock, or collected, depending upon the control measures in force.

The dry film thickness of the complete paint system on the hull including the anticorrosive coatings, the tie coat and the antifouling paint is approximately 500 - 1000 micron (0.5 - 1 mm).

**Coating of the superstructure and freeboard**
A solvent-based, 2-component, polyurethane ground coat can be sprayed onto the primer layer; however, many other systems are also available. Generally, two layers each of 60 µm are applied. On top of the ground coat a 2-component, solvent-based polyurethane material is then applied in two layers. Each layer has a thickness of 40 µm. The layer thickness of the complete paint amounts to approximately 250 - 300 µm for the superstructure. Alternatively, a two-layer system consisting of epoxy resin, 170 micron, and a flexible, high solids polyurethane topcoat. 80 micron, is also used.

### 11.2.4 Coating repair and maintenance of yachts

Yachts are leisure vessels with a length of up to 180 m, although there have been recent developments of up to 190 and 200 metres. Yachts are already partly painted before assembly. Depending upon customers' requests, the applied coating system varies and for this reason only one option is described in the following paragraphs.

Yachts are made of shipbuilding steel and aluminium, although the majority of yachts (the smaller vessels) are made from FRP (fibre reinforced plastic). Parts of the whole yacht or only the superstructure may be made of aluminium. Sanding takes place between the application of painting layers. Depending on the material, pretreatment and application of the primer are different. The use of water-based materials for coating yachts is increasing.

Although airless spraying is widely used, rollers and brushes are still used, depending on the quality required.

**Pretreatment and primer application on shipbuilding steel**
Firstly the hull and the superstructure are treated via grit blasting and then either a filler based on zinc phosphate or a chrome- and zinc-free shop primer is applied as a primer in order to obtain the correct profile and a smooth finish (e.g. covering welding roughness). Both materials are solvent-based epoxy resins. The layer thickness varies from 40 - 60 µm.

**Pretreatment and primer application onto aluminium**
For the degreasing and removal of oxidised layers, aluminium surfaces are treated with cleaning agents. Afterwards, a 2-component epoxy primer or a 1-component PVC primer is applied. Similarly to the coating of ships, corrosion protection paint is sprayed onto the primer layer. This solvent-based epoxy material is applied by the airless technique in two to four layers with a thickness of approximately 120 µm each. The antifouling is usually applied directly to the epoxy coat. If a tie coat is used, it is a solvent-based, 1-component vinyl paint, which is applied via airless-spraying. The layer thickness amounts to about 40 µm.

Afterwards, two layers of a solvent-based antifouling material are applied by airless spraying or by roller. The layer thickness of the antifouling coating amounts to approximately 100 µm for each layer. Usually copper-based, self-polishing antifouling coatings are used. However, they may also contain other biocides.

**Coating of the superstructure**
Like the hull, the superstructure is made of shipbuilding steel or aluminium is also coated with two layers of a solvent-based (1- or 2-component epoxy or polyurethane paint) corrosion protection material. It is applied using the airless-spraying technique. The applied layer thickness amounts to about 120 µm.

After the corrosion protection paint has dried, filling materials are applied onto aluminium and shipbuilding steel of the superstructure in order to obtain the correct profile and a smooth finish (e.g. covering welding roughness). The materials are applied using trowels, long boards and bations, spatulas. They may be solvent-free or contain approximately 80 g/l benzyl alcohol. Sanding takes place in between these processes.

After the filling, a solvent-based 2-component polyurethane filler or a solvent-based epoxide filler is applied by using airless spraying techniques. The layer thickness applied is in the range of 50 - 100 µm. A primer/undercoat is applied over the filler.

The yacht is taken for sea trials when the appropriate coat has dried; this may or may not be the primer coat. After the trials, the yacht is cleaned with fresh water and sanded and then the final topcoat is applied.

The topcoat is applied by using a wet-on-wet spraying technique, and two or three layers are applied. The materials used are generally solvent-based, 2-component, polyurethane combination lacquers. The complete layer thickness amounts to approximately 100 µm.

In several Member States where yachts are repaired or maintained, the removal of antifouling from yachts is carried out using techniques to collect and treat the removed antifouling to prevent water pollution.

## 11.3 Current consumption and emission levels in the coating of ships and yachts

### 11.3.1 Mass balances

Keine Daten übermittelt.

### 11.3.2 Consumptions

#### 11.3.2.1 Materials

[128, TWG, 2005]

For the coating of ships, solvent-based paints are applied. Depending on the material used, the solvent content is in the range 20 - 40 wt-%. Due to the processing conditions (humidity, temperature, air draught, etc.) and surface conditions, water-based paints have only a limited area of application (only partly used for interior areas and prefabricated parts). Consumption of materials will depend on the size of the vessel, specification to be met, etc.

The material consumption in repair yards for medium sized ships (>15000 GT) is approx. 20 tonnes per coated merchant ship (based on data from Portugal, Greece, Malta and Italy). The corresponding VOC usage is approx 6 tonnes. A large repair yard can repair from 60 up to 150 ships with an average size of 40000 GT per year.

In a new-build shipyard, the material consumption for complete coating of one 40000 GT size ship is approx. 68 tonnes. HDW Kiel in Germany processes up to 59 t solvent/yr for a maximum of five ships a year. Blohm + Voss Repair GmbH in Hamburg, Germany processes about 60 t/yr of organic solvents.

#### 11.3.2.2 Water

In repair yards, the consumption of fresh water for high pressure cleaning (at 200 bar) of the complete hull is approx. 500 tonnes for medium sized ships (>15000 tonnes GRT (gross registered tonnes)).

#### 11.3.2.3 Energy

Keine Daten übermittelt.

### 11.3.3 Emissions

#### 11.3.3.1 Emissions to air

[128, TWG, 2005]

Processes in shipyards are generally carried out outdoors, in dry docks, in open workshops or on the quay. Therefore, pollutants that are generated by grinding and blasting or painting operations are emitted directly into the environment. Generally, all VOC emissions from painting processes are emitted as fugitive emissions. Beside VOCs, dust from blasting agents (e.g. silicates, or steel or copper sinter), metal particles and overspray have an environmental significance. Where spraying is used and depending on the application conditions, the overspray can mount up to approx. 30 % of the material input. Depending upon weather conditions, the particles from blasting and the overspray can be carried for several kilometres.

Emissions of environmentally hazardous materials from coating processes in the new construction of ships can be reduced effectively by the utilisation of closed workshops for painting and blasting operations. These may also be used for the construction of block stages – sections of a new or significantly upgraded ship that are prefabricated and then lifted into place. Closed workshops may have air extraction with filters for dust and/or waste gas abatement units for VOCs.

Another option to reduce the dust emitted is the use of water or slurry blasting.

The amount of overspray has been reduced in open air to 5 % by using mobile application devices with integrated extraction of overspray in one yard. Additionally, further emissions from overspray can be reduced by closing the dockends with nets (to achieve wind reduction).

In repair yards for medium sized ships (>15000 GRT, with an average 70000 GRT), the paints used contain on average about 30 – 40 % organic solvents. About 150 g VOC are emitted per square metre painted, as the antifouling coats form the largest amount of paint applied. In Germany, it was reported that the paints used contain an average of 20 - 25 wt-% organic solvents. About 100 g VOC are emitted per painted m².

New yacht construction is usually carried out in closed facilities, and also using rollers and brushes, which have a high application efficiency with no overspray. For large (super and mega) yachts, this will be according to the client's specification. Repair and maintenace of the large mega yachts may be done in docks, but for most of them, maintenaince and repair are also carried out in closed facilities.

#### 11.3.3.2 Emissions to water

Maintenance operations generate contaminated blasting agents, paint residues, used containers, and overspray. There may be other residues from maintenance, such as oil residues (containing hydrocarbons), mud, scrapped materials, etc. After maintenance operations, the dock is cleaned to reduce emissions to the environment.

Where water blasting or slurry blasting is used to avoid dust emissions from blasting, the process water is commonly treated either in integrated equipment or at a waste water treatment plant. The water may be re-used.

Where the waste water is contaminated, several techniques can be applied to reduce emissions. The treated water is either disposed of as waste water or re-used. These are both described in Section 11.4.9.

#### 11.3.3.3 Waste

Waste from the maintenance operations of ships include for example:

- organic cleaning solvents
- paint sludges/residues
- contaminated paint containers, brushes and rollers
- used/contaminated blasting materials
- filters
- oil residues (containing hydrocarbons)
- mud
- scrapped materials
- residual water from the cleaning of a dry dock before flooding.

The implementation of large re-usable containers (IBC, 1000 litres), instead of 10 or 20 litres single use containers, leads to a reduction of waste containers and the amount of waste paints that remain in old containers. However, this is only applicable for large ships and/or for large amounts of one type or colour of paint. When 2-component paints are supplied in IBCs, the mixing of paints takes place by means of a precise dosage system with permanent monitoring of the mixture ratio. In cases where several ships are being maintained at any one time, with differing specifications and quantities, or in the case of yachts, these containers are too large for the quantities consumed. In addition, there are problems with settlement of the paints in such large containers.

During the painting of ships, especially in maintenance operations, large amounts of contaminated blasting agents are generated. Heavy metals and TBT from blasting and grinding dusts are of special environmental significance. Water blasting generates only 1.5 % of the amount of waste arising from conventional grit blasting.

## 11.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Schiffen und Yachten zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von Schiffen und Yachten anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von Schiffen und Yachten angewendet werden. Tabelle 11.1 zeigt die allgemein bei der Lackierung von Schiffen und Yachten relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 11.1: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

### 11.4.1 Managementsysteme – Arbeitsanweisungen für Dockanlagen

**Beschreibung:** Das ist ein spezifisches Managementsystem, das die unterschiedlichen verantwortlichen Personen zur Durchführung von Arbeiten im Trockendock und auf der Helling, einschließlich der Vorbereitungen des Dockens, des Kielholens, Ausdockens der Schiffe festlegt. Es umfasst die Wartung, Reparatur und Bauarbeiten, die im Trockendock oder auf der Helling, wie z.B. Tätigkeiten zur Oberflächenbearbeitung (Reinigung, Entfernung von alter Farbe und Antifouling usw.), durchgeführt werden. Es dient der Überwachug der Abfallsammlung und der Weiterleitung des Abfalls an lizenzierte Abfallbehandler zur weiteren angemessenen Behandlung und/oder Ablagerung.

‚Arbeitsanweisungen für Dockanlagen' umfassen auch andere Dinge, die helfen Umweltverschmutzungen zu mindern, wie z.B. wann und wo umweltschädliche Arbeiten ausgeführt werden. Z.B. beschreibt es, unter welchen Windbedingungen Strahlarbeiten und Spritzarbeiten im Freien ausgeführt werden können. Dabei wird gefordert, das diese Arbeiten am Boden des Docks oder der Helling ausgeführt und transportable Ausrüstungen verwendet werden (wie Netze, Wasservorhänge usw.).

Es kann Teilanforderungen oder alle Anforderungen des Umweltqualitätsmanagements enthalten (siehe Abschnitt 20.1).

**Erreichte Umwelteffekte:** Beschreibt Vorgänge zur Minderung der Umweltauswirkungen aus der Anlage.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Siehe Beschreibung, oben.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der rechtlichen Anforderungen an Gesundheit und Sicherheit und an die Umwelt bezüglich Luftverschmutzung, Wasserverschmutzung und Abfallmanagement, insbesondere sind sie auf Häfen und abgeschlossene Gewässer usw. anzuwenden.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitete Anwendung in der Industrie.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005] [173, Portugal, 2006]

### 11.4.2 Techniken zur Einhausung

#### 11.4.2.1 Offene Bereiche

**Beschreibung:** Arbeiten auf Schiffswerften werden allgemein in Freien, in den Trockendocks, in offenen Werkstätten oder auf dem Kai durchgeführt. Reparatur und Wartung (einschließlich Anstricharbeiten) des Rumpfes werden während des Aufenthalts im Trockendock (Beton) oder schwimmend im (Stahl-)dock ausgeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Schadstoffe, die während des Schleifens oder Abstrahlens oder bei Anstricharbeiten emittiert werden, werden direkt an die Umwelt abgegeben. Alle VOC-Emissionen aus Anstricharbeiten werden allgemein als diffuse Emissionen emittiert. Neben den VOCs sind Staub aus den Strahlmitteln (z.B. Silikate oder Stahl- oder Kupfersinter), Metalle und Overspray von Bedeutung für die Umwelt. Abhängig von den Wetterbedingungen können diese Partikel über mehrere Kilometer transportiert werden.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Normale Arbeitspraxis.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Kosten.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

#### 11.4.2.2 Teilweise eingehauste Bereiche, Windstopper, Sprühvorhänge, usw.

**Beschreibung:** Es können Techniken verwendet werden, die wie Windstopper arbeiten, wie z.B. Netze oder Zelte (beschrieben in Abschnitt 11.4.2.3), um Bereiche herum, die zum Sandstrahlen genutzt werden, können Wasservorhänge verwendet werden. Das kann zeitweilig oder ständig erfolgen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Beim Sandstrahlen und Farbspritzen Minderung der weggetragenen Partikel entweder durch Minderung der Windstärke oder durch Auffangen der Partikel.

**Medienübergreifende Effekte:** Strom für das Pumpen von Sprühwasser oder Wasservorhängen und möglicherweise Behandlung des Abwassers.

**Betriebsdaten:** Es wurden Schwierigkeiten hinsichtlich der Partikelbegrenzung bei der Benutzung von Netzen berichtet, je größer das Schiff im Vergleich zum Trockendock war, um so schwieriger waren sie zu benutzen. Sie können nicht bei mittelgroßen Schiffen (>15.000 BRT) in Reparaturdocks verwendet werden, und die folgenden Probleme sind typische Beispiele, die dabei auftraten:

- Variation von Größe und Schiffstyp, das Schiff kann über das Ende des Docks heraushängen usw.
- Behinderung durch Kräne und andere Anlagen und
- Probleme mit dem Zugang zu anderen Wartungsarbeiten.

Es werden schlechte praktische Ergebnisse im Vergleich zu den Kosten für das Einhausen des Docks erzielt. Wo sie verwendet werden, werden die Netze normalerweise an einem oder beiden Enden des Docks, um kleinere Docks herum oder zwischen den Schiffen und der Dockseite angebracht.

**Anwendbarkeit:** Siehe Betriebsdaten oben.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Kosten.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

#### 11.4.2.3 Vollständig eingehauste Bereiche

**Beschreibung:** Abgeschlossene Bereiche sind für kontrollierte örtliche Arbeitsbedingungen erforderlich, sie ermöglichen eine Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle während des Arbeitens und der Oberflächenvorbereitung, Schutz vor Regen usw.. Abgeschlossene Bereiche haben gewöhnlich aus Arbeits- und Gesundheitsschutzgründen eine Luftabsaugung, und diese kann in Verbindung mit einer Abgasbehandlung zur Verminderung der Emissionen aus umweltgefährdenden Materialien genutzt werden. Die Anlage kann auch eine Einrichtung zur Staubminderung und/oder Abgasbehandlungseinheit für VOC haben.

Einige Bereiche, wie Hellings und kleine Docks können zeitweilig (oder halb-permanent, z.B. ortsveränderliche Aufbauten oder zeltartige Abdeckungen, die für einen langen Zeitraum an der Stelle verbleiben) geschlossen oder abgedeckt bleiben. Das trägt zur Kontrolle der Stäube aus dem Sandstrahlen und vom Overspray bei, aber nur wenn die Abdeckung ausreichend geschlossen ist. Zur Behandlung großer Luftvolumina ist eine zusätzliche Abgasbehandlung mit hohem Energieverbrauch zur Staub- und VOC-Minderung wahrscheinlich nötig.

Der Aufbau einer Abdeckung kann auch zwischen dem Schiff und der Dockseite erfolgen, um das Wegtragen/Abdriften von Staub und Overspray zu verhindern und Regen von vorbehandelten und frisch beschichteten Bereichen fern zu halten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Rückhalten von Stäuben vom Sandstrahlen und Spritzen. Entfernung von Staub und/oder VOCs aus dem abgesaugten Luftstrom in einer Abgasbehandlung wird damit möglich.

**Medienübergreifende Effekte:** Verbrauch an Energie zur Luftabsaugung.

**Betriebsdaten:** Führt zu einer verbesserten Qualitätskontrolle von Arbeitsprozessen und der Arbeitsumwelt. Kann zur Erhöhung der möglichen Arbeitszeit während des Tages und/oder des Jahres führen.

**Anwendbarkeit:** Dauerhafte Werkstätten/-hallen können zur Vorbehandlung von Stahlplatten, Sektionen und Schiffsabschnitten bei Neukonstruktionen genutzt werden. In einigen Fällen können ganze Docks eingehaust werden. Die Docks, die zur Reparatur oder Wartung genutzt werden, werden nicht eingehaust (und wahrscheinlich auch nicht jene, die für einige Mega-Yachten verwendet werden).

Bei Yachten werden die Vorbehandlungs- und Beschichtungsbereiche normalerweise eingehaust- entweder ständig oder zeitweilig - sowohl beim Neubau als auch bei Reparatur oder Wartung.

**Wirtschaftlichkeit:** Kapitalkosten für die Errichtung der Arbeitsbereiche. Kapital- und Betriebskosten der Behandlungsanlage.

**Gründe für die Einführung:** Verbesserte Überwachung der Qualität der Beschichtungsprozesse und der inneren klimatischen Bedingungen (d.h. als Wetterschutz) gestattet Arbeiten während des gesamten Tages/ gesamten Jahres. EU-Lösemittelrichtlinie. Gesetzliche Regelungen zu Gesundheits-, Arbeitsschutz und Staub.

**Beispielbetriebe:** HDW Kiel, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

### 11.4.3 Oberflächenvorbehandlung

Bei Neubauten und für neue Materialien muss die Oberfläche vorbehandelt werden, um eine Anhaftung zu gewährleisten. Bei Reparatur und Wartung werden Schichten alter Farbe und Antifoulinganstriche entfernt, insbesondere bei lose haftenden und beschädigten Bereichen. Die Vorbehandlung und verwendete Technik basiert auf einer vereinbarten Spezifikation, abhängig vom Beschichtungssystem und der vereinbarten Garantieleistung für die Arbeiten und/ oder die Beschichtung. Die Oberflächenrauhigkeit beim Sandstrahlen (shot blast) kann z.B. bis zu 20 µm betragen und beim Grobstrahlen/Schrotstrahlen (grit blast) können es zwischen 75 -100 µm sein. Es können jedoch nicht alle Techniken für alle Schiffsbereiche genutzt werden, z.B. das Strahlen mit Slurry im Doppelbodentank, das Wasserstrahlen zur Aufarbeitung/Renovierung eines Frachtgutbehälters, usw.
Die Entfernung von alter Farbe und Antifoulinganstrich erzeugt Abfall, der diese Materialien mit den damit verbundenen Gefahren enthält, z.B. enthalten Antifoulings Biozide, und ältere Antifoulings enthalten Tributylzinn, ältere Farbschichten können Blei und Chromat enthalten usw.
Mit einigen Techniken werden große Mengen an Staub erzeugt. Einige Techniken nutzen abtragende Medien zum Entfernen von Farbschichten, und diese werden in Abhängigkeit von der verwendeten Technik entweder wiedergewonnen und erneut benutzt oder als Abfall abgelagert. Bei allen Techniken ist es gute Praxis, die Reste aus dem Trockendock vor dem Fluten zu entfernen.

#### 11.4.3.1 Trockenstrahlarbeiten – offene Systeme

**Beschreibung:** Strahlarbeiten werden mit komprimierter Luft und einem trockenen abtragenden Medium, wie z.B. Stahlkies, Sand, Strahlgut usw. durchgeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Produziert Staub durch die entfernte Farbe und das abtragende Medium.
Bei Reparatur und Wartung beträgt der Strahlmittelverbrauch pro Schiff ungefähr 200 Tonnen für ein mittelgroßes Schiff (>15000 BRT).

**Betriebsdaten:** Das ist normalerweise die schnellste und billigste Technik pro Quadratmeter ($m^2$).

**Anwendbarkeit:** Es ist die am meisten verwendete Technik in Reparaturwerften für mittelgroße Schiffe (>15000 BRT). Sie kann zur Entfernung von Rost und alten Farbschichten von Böden und Außenseiten, zur Entfernung von Faulstellen am Rumpf und loser Farbe verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Kosten.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 11.4.3.2 Trockenstrahlen – geschlossenes System, Vakuum- oder Gehäusestrahlen

**Beschreibung:** Es handelt sich um Trockenstrahlen in geschlossenen Strahlsystemen, wie z.B. Systeme mit Absaughaube und Zentrifugalstrahlen mit Stahlkies in geschlossenen Kreislaufsystemen mit geringen Emissionen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringe Staubemissionen. Das Strahlmedium wird zur Wiederverwendung zurück gewonnen, dadurch hat man weniger Abfall. Entferntes Antifouling und Farbe werden mit dem Strahlmedium zurück gewonnen und zur Ablagerung abgetrennt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Mechanische Strahlgeräte werden manuell bedient oder werden an einen Arm eines Werkzeuges montiert und entlang des Bereiches mittels Fernbedienung geführt.

Ein typisches System zur Vorbehandlung von Neubauten kann Gussstahl-Strahlgranulat in einem geschlossenen Kreislauf bei einem Druck von ungefähr 5 bar verwenden.

**Anwendbarkeit:** Es kann zur Entfernung von Rost und alten Farbschichten von Boden- und Außenseiten, zur Entfernung von Faulstellen am Rumpf und loser Farbe verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Überwachung von Staubemissionen und von Gesundheits- und Arbeitsschutz. Verminderte Abfallbehandlungskosten.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet in Schiffswerften und anderen Industrien.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

#### 11.4.3.3 Hochdruckwasserstrahlen

**Beschreibung:** Es gibt verschiedene Techniken, die entsprechend dem Frischwasserdruck unterschieden werden. Das Wasserstrahlen wird bei einem Druck von mehr als 700 bar und Ultrahochdruck-Wasserdüsen bis zu 20.000 bar angewendet. Durch Variieren des Wasserdrucks können einzelne Schichten oder der gesamte Farbaufbau entfernt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Technik verhindert die Bildung von Staubemissionen und von verunreinigtem Strahlmittel, das entsorgt werden muss. Das benutzte Wasser kann aufgefangen und wiederverwendet werden, wenn notwendig, nach Behandlung.

**Medienübergreifende Effekte:** Farbabfälle, die entferntes Antifouling oder Blei- oder Chrompigmente aus älteren Anstrichen enthalten können, erfordern das Sammeln und geregelte Ablagerung.

In Reparaturwerften beträgt der Frischwasserverbrauch für eine Hochdruckreinigung (200 bar) bei einem mittelgroßen Schiff (>15000 BRT) ungefähr 500 Tonnen für den kompletten Rumpf.

**Betriebsdaten:** Das Abwasser aus der Verwendung von Wasserstrahltechniken kann im Dock gesammelt werden, in Tanks gepumpt und vor der Ableitung behandelt werden (z.B. durch Absetzen).

**Anwendbarkeit:** Kann zur Entfernung von Rost und alten Farbschichten vom Boden und von Außenseiten verwendet werden. Druckwasserstrahlen kann zur Entfernung von Faulstellen am Rumpf und loser Farbe verwendet werden.

Wasserstrahlen kann nicht bei neuen Oberflächen angewendet werden, da es keine Oberflächenrauhigkeit auf dem zu beschichtenden Material erzeugt.

Wegen einiger technischer Probleme ist das Verwenden von Ultrahochdruck-Wasserstrahlen nicht allgemeine Praxis bei Reparatur und Wartung: Es werden Schwierigkeiten bei schwer erreichbaren zu strahlenden Stellen berichtet, und mehr als 50 % der Fläche, die zu strahlen ist, sind solche Stellen (Spotstrahlen).

Diese Technik wird auch bei der Vorbereitung von Yachten verwendet. Wird sie in Verbindung mit Rückgewinnung und Abtrennung des Abfalls durchgeführt, verhindert es die Freisetzung von Schwermetallen und Tributylzinn (TBT) aus alten Antifoulings (Anmerkung: die Anwendung von TBT bei kleineren Yachten ist seit mehr als 13 Jahren verboten).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Rechtliche Regelungen zur Minderung von Staubemissionen und Gesundheits-, Arbeitsschutz am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

#### 11.4.3.4 Feuchtstrahlen

**Beschreibung:** Das ist ein Strahlen mit Wasser, das ein feines Schleifmittel, wie Schlacke (z.B. Kupferschlacke) oder Quarz enthält.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Technik verhindert die Bildung von Staubemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhter Abfall vom Schleifmittel.

**Betriebsdaten:** Bei Verwenden von Wasserstrahltechniken kann das Abwasser im Dock gesammelt, in Tanks gepumpt, und vor der Emission behandelt werden (z.B. durch Absetzen). Das kann möglicherweise integriert werden in die Apparaturen zum Slurrystrahlen. Das Wasser und das Schleifmittel können wiederverwendet werden.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet in Schiffswerften und in anderen Industrien.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

#### 11.4.3.5 Andere Oberflächenbehandlungen

**Beschreibung:** An Schweißnähten und in anderen speziellen Bereichen wird das Schleifen verwendet. Das Bürsten kann auch angewendet werden, z.B. mit Drahtbürsten. Das Schmirgeln wird zwischen dem Auftrag von Schichten bei Yachten durchgeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Technische Anforderungen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [174, CEPE, 2006]

## 11.4.4 Beschichtungsstoffe

Im Allgemeinen bestimmt der Kunde das verwendete Farbsystem, insbesondere bei der Schiffsreparatur und -wartung und bei Yachtbau,- reparatur und -wartung. Die Spezifikation wird auch von den Garantiebedingungen für die Farbe beeinflusst.

### 11.4.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.1. Im Durchschnitt enthalten die auf das Schiff aufgetragenen konventionellen lösemittelbasierten Farben 20 - 40 Gewichts-% organische Lösemittel. Der Auftrag erfolgt gewöhnlich durch manuelle Airlessverfahren.

In Reparaturwerften für mittelgroße Schiffe (>15000 BRT, mit einem Durchschnitt von 70000 BRT), enthält die verwendete Farbe im Durchschnitt 30 - 40% organische Lösemittel. Ungefähr 150 g VOC werden pro lackierten Quadratmeter emittiert, wobei die Antifoulingschicht den größten Anteil an der aufgetragenen Farbe hat. Aus Deutschland wurde berichtet, dass die verwendeten Lacke im Durchschnitt 20 - 25 Gewichts-% organische Lösemittel enthalten und rund 100 g VOC pro lackiertem m² emittiert werden.

Es wurde berichtet, beim Verwenden lösemittelbasierter Systeme beträgt der VOC-Emissionsfaktor ungefähr 100 bis 150 g VOC/$m^2$ lackierter Oberfläche (ohne Emissionsminderung).

Typischerweise werden Prozesse in Schiffswerften im Freien im Trockendock in offenen Werkstätten oder auf dem Kai ausgeführt. Unter diesen Umständen wird VOC aus der Farbe völlig unbehandelt emittiert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Trocknungszeiten sind kürzer als die, die bei wasserbasierten Systemen erforderlich sind.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Lacke können bei allen Abschnitten des Farbauftrags verwendet werden. Für verschiedene Anwendungen sind Alternativen vorhanden. Der Haftvermittler ist aber immer lösemittelbasiert, und es wird ein Lösemittelgehalt von mindestens 270 g VOC/l benötigt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Kosten. Lösemittelbasierte Farben werden schon sehr lange verwendet, und es wurden eine Menge Erfahrungen aufgebaut.

**Beispielbetriebe:** weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 11.4.4.2 Ersatz von lösemittelbasierten Bescichtungsstoffen (Substitution)

#### 11.4.4.2.1 Wasserbasierte Lacke

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Zusätzlicher Energieverbrauch wenn eine Zwangsventilation oder Heizung eingesetzt wird.

**Betriebsdaten:** Es sind längere Trockenzeiten nötig, auch wenn sie mit guter Ventilation und in einigen Fällen mit Heizung verkürzt werden können. Bei Frost und Tauwetter kann es Probleme geben. Allgemein ist die Trockenschichtdicke geringer als beim Auftrag.

**Anwendbarkeit:** Gegenwärtig sind wasserbasierte Lacke die einzig verfügbare Alternative zur Minderung von VOCs in Innenbereichen und für Primer, die als Fertigbeschichtung beim Hersteller aufgetragen werden (shop primer).

Ein wasserbasierter Universalprimer ist auf finnischen Werften weitverbreitet. Wasserbasierte Lacke stehen für verschiedene Anwendungen zur Verfügung, werden aber nur in geringem Umfang angewendet. Lösemittelbasierte Primer werden nur im Winter bei Auftrag im Freien verwendet.

Sie sind nicht anwendbar auf Oberflächen, die strengen Seewetterbedingungen ausgesetzt sind, wie Hitze, Sonne, Regen und Salz. Die Verfügbarkeit von wasserbasierten Lacken für die Schiffs- und Yachtherstellung ist folgende:

- Fertigbeschichtung des Herstellers (shop primer): es gibt wasserbasierte Zinksilikate, die aber nur sporadisch angewendet werden. Wasserbasierte Epoxid- und modifizierte Alkyde stehen zur Verfügung, werden gewöhnlich aber nicht angewendet.
- Außenseite von Schiffen: wasserbasierte Alkyd-, Epoxyd- und Akrylatlacke stehen zur Verfügung und werden gelegentlich angewendet. Wasserbasierte Akrylat-/Alkyd- und wasserbasierte Zinksilikate werden gelegentlich angewendet.
- Inneres von Schiffen: wasserbasierte Systeme stehen zur Verfügung, können aber zu Schwierigkeiten beim Trocknen führen, wenn sie in kleinen oder geschlossenen Bereichen angewendet werden, sie werden deshalb nur gelegentlich verwendet. Sie werden nicht in Lagerbereichen angewendet, da sie nicht ausreichend abriebfest sind.
- für Yachten gibt es wasserbasierte Lacke, sie werden zunehmend als Primer oder Zwischenprimer aufgetragen. Die Finishqualität beschränkt aber ihre Anwendung als Decklack.
- Wasserbasierte Antifoulings sind erhältlich aber nur auf dem Einzelhandelsmarkt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die mit dem Lacksystem verbundenen Kosten sind für Neubauschiffe gering. Bei Reparatur und Wartung von Schiffen kann die Inkompatibilität mit alten Lackschichten ihre Entfernung durch Abstrahlen erforderlich machen, was zu erheblichen Kosten führt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet in finnischen Werften. Zunehmend bei Yachten benutzt.

**Referenzliteratur:** [27, InfoMil, 2003] [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 11.4.4.2.2 Highsolid-Lacke

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.2. Gegenwärtig verwendete High-Solid-Lacke enthalten 250 g VOC/l oder mehr, z.B. 450 g/l Epoxide für Unterwasserbereiche.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Die Verfügbarkeit für die Schiffs- und Yachtherstellung ist wie folgt:

- Fertigbeschichtung des Herstellers (shop primer): High-Solids werden nicht verwendet, da die Schichtdicke zu groß ist (nur 20 µm sind erforderlich)
- Außenseite von Schiffen für Teile unterhalb des Wassers: weitverbreitet sind High-Solid-Epoxidbeschichtungen. Der VOC-Gehalt von Farben, die unterhalb der Wasserlinie angewendet werden, ist allgemein 450 g/l
- Außenseite von Schiffen für Teile oberhalb der Wasserlinie: High-Solid-Epoxydbeschichtungen werden angewendet, ebenfalls werden flexible High-Solid-Polyurethanschichten angewendet. Es werden keine High-Solid-Alkydschichten angewendet
- Inneres von Schiffen: High-Solid-Epoxid- und Alkydbeschichtungen stehen zur Verfügung
- Yachten: High-Solid-Lacke können verwendet werden, werden es im Allgemeinen aber nicht. Sie können unterhalb der Wasserlinie angewendet werden. High-Solids werden manchmal auch für den Innenbereich verwendet.

Flexible, Oberflächen-tolerante High-Solid-Polyurethanbeschichtungen ersetzen teilweise Epoxydkitt/Acryldecklacksysteme (Epoximastix) beim Neubau und zu Wartungszwecken. Sie können auf fast jeder Art von altem Lack aufgebracht werden.

Einzel- und Mehrschicht-2-Komponenten-Epoxidharz-Beschichtungen sind weit verbreitet. Zum Beispiel in stark beanspruchten Bereichen von Handelsschiffen, wie auch im gesamten Außenbereich, in Laderäumen und Wassertanks. Diese Lacke werden auch für die Beschichtung von Yachten verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die mit dem Lacksystem verbundenen Kosten sind für Neubauschiffe gering. Bei Reparatur und Wartung von Schiffen kann die Inkompatibilität mit alten Lackschichten ihre Entfernung durch Abstrahlen erforderlich machen, was zu erheblichen Kosten führt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [27, InfoMil, 2003] [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 11.4.5 Zusätzlicher Korrosionsschutz - kathodischer Korrosionsschutz

**Beschreibung:** Die unter Wasser liegende Oberfläche von Schiffen kann mittels kathodischen Korrosionsschutzes gegen Korrosion geschützt werden. Er wird auch zum Schutz der Oberflächen von Tanks im Schiff verwendet. Er wird nicht als Alternative zum Antifouling verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** ein kathodischer Schutz ist ein zusätzlicher (Anti)-[14]Korrosionsmechanismus und ersetzt nicht das Beschichtungssystem. Er kann helfen, die Zeiten zwischen den Reparaturen zu verlängern und damit zu einer Minderung der Spritzarbeiten und von VOC-Emissionen führen. Es werden Opferanoden verwendet, deshalb treten keine Emissionen von Schwermetallen auf.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

[14] (Anti)- Ergänzt durch Übersetzerin

**Betriebsdaten:** Im Hafen nebeneinander liegende Schiffe, die leicht beschädigt sind, können zu beschleunigter Korrosion neigen.

**Anwendbarkeit:** Wird weltweit für alle Arten von Schiffen verwendet, sowohl in der Berufsschifffahrt und (weniger gebräuchlich) bei Schiffen für Erholungszwecke.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

## 11.4.6 Lackauftrag- und Lackversorgungstechniken

### 11.4.6.1 Airlessspritzen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.11. Bei Konstruktion und Wartung von neuen Schiffen werden im Allgemeinen alle Lackschichten mittels Airless-Spritzen aufgetragen. Der Anteil an Overspray beträgt maximal 30 % des Materialeinsatzes.
[13, DFIU und IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003] [128, TWG, 2005]

### 11.4.6.2 Heißspritzen

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.10. Auf Schiffen kann eine lösemittelfreie 2-Komponenten-Beschichtung mittels Heiß-Airless-Spritzen aufgebracht werden. Es werden Schichten von 300 -1000 Mikrometer Dicke erhalten.

**Erreichte Umwelteffekte:** VOC-Emissionen fallen nicht an, und verglichen mit dem Airless-Spritzen (siehe Abschnitt 11.4.6.1), kann die Anzahl der Schichten reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Energieverbrauch für Heizung.

**Betriebsdaten:** Um das richtige Mischungsverhältnis zu erhalten, ist ein Computer-gesteuertes Online-Mischen erforderlich. Bei einer Verarbeitungszeit von nur 10 Minuten, ist die Arbeitszeit sehr kurz. Diese Art von Beschichtung bildet eine sehr harte, porenfreie und sehr glatte Oberfläche und ist deshalb sehr korrosionsbeständig gegenüber Salzwasser, Ölprodukten und Chemikalien. Sie ist auch beständig gegenüber Abrieb/Abschürfungen, wie durch schwimmendes Eis auf Seefahrt. Das Oberflächenfinish kann aber von geringer Güte sein, und die Produktpalette ist deshalb nur gering einsetzbar. Die Apparaturen für das Heiß-Spritzen sind sehr schwer zu reparieren.

**Anwendbarkeit:** Die Technik kann für das Beschichten von großen Oberflächen im Innen- und Außenbereich von Schiffen eingesetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für diese Beschichtung sind im Vergleich zu konventionellen Beschichtungen höher, die Arbeitszeit und die Trockenzeit sind aber kürzer. Einsparungen treten auf, weil weniger Energie für Spritzarbeiten notwendig ist und die Kosten für die Wartung geringer sind. Die Kosten für die Apparaturen zum Heiß-Spritzen sind höher.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [27, InfoMil, 2003] [128, TWG, 2005]

#### 11.4.6.3 Integrierte Luftabsaugung an der Stelle des Auftrags

**Beschreibung:**. Es wurde eine mobile Farbapplikationseinrichtung mit integrierter Overspray-absaugung, die die Luft am Punkt des Auftrags absaugt, entwickelt. Das erfolgt analog dem automatischen Spritzen (siehe Abschnitt 20.2.3).

Es wurde berichtet, dass diese Technik nicht mehr benutzt wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wegen der größeren Effizienz sind Materialverbrauch, die VOC-Emissionen und auch die Oversprayemissionen erheblich geringer. Der Overspray kann auf 5 % des Materialeinsatzes reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Farbauftragsanlagen können nur bei glatten, lotrechten Oberflächen und z.B. nicht am gekrümmten Bug und Achterschiff oder auf liegendem Grund (Sohle) eingesetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheits- und Arbeitsschutz.

**Beispielbetriebe:** Blohm + Voss Repair GmbH, Hamburg, Deutschland. HDW Kiel, Deutschland

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 11.4.7 Alternativen zu biozidhaltigen Antifoulingfarben

Für Informationen zu den Umweltauswirkungen von biozidhaltigen Antifoulingfarben siehe Abschnitt 11.2.3.

#### 11.4.7.1 Antihaftbeschichtungen auf Silikonbasis (Antifouling)

**Beschreibung:** Silikonbeschichtungen haben eine niedrige Oberflächenspannung (antihaftend) mit dem Effekt, dass die Meeresorganismen keine feste Anhaftung auf der beschichteten Oberfläche aufbauen können. Faulstellen können auf der Oberfläche während der Liegezeiten anhaften, aber die während einer Fahrt, schneller als eine gewisse Mindestgeschwindigkeit, erzeugte Strömung auf der Lackschicht reinigt die Oberfläche. Silikonlacke werden mittels Airless-Spritzen aufgetragen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Antihaftbeschichtungen enthalten keinerlei Biozide. Sie haben eine zu glatte Oberfläche, das führt zu einem potenziell geringeren Reibungswiderstand. Das kann zu geringerem Kraftstoffverbrauch oder höherer Geschwindigkeit des Schiffes im Vergleich zu Schiffen mit selbstreinigenden biozidhaltigen Lacken führen.

Solange die Lackschicht intakt ist, zersetzen Antihaftbeschichtungen sich nicht und werden nicht gereinigt während der Betriebszeit.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Während des Auftrags von Silikonbeschichtungen sind Oversprayablagerungen auf Oberflächen, die mit anderen Lackschichten beschichtet sind, zu verhindern, da es später Haftungsprobleme geben könnte. Auftrag und Reparatur von Silikonlacken muss streng nach angegebener Vorschrift erfolgen.

**Anwendbarkeit:** Meeresorganismen sind in der Lage, während der Liegezeit anzuhaften. Um den Ablöseeffekt während der Fahrt zu erreichen, muss eine gewisse Geschwindigkeit erreicht werden. Heutzutage kann die Technologie für Schiffe mit kurzen Liegezeiten und einer Mindestgeschwindigkeit von 15 - 17 Knoten verwendet werden. Silikonlacke können nicht für Schiffe eingesetzt werden, die häufiger mechanischen Beschädigungen ausgesetzt sind. Deshalb werden Antihaftbeschichtungen immer noch als Nischenprodukt für bestimmte Schiffstypen angesehen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für Silikonlacke sind erheblich höher im Vergleich zu biozidhaltigen Antifoulinglacken.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Wasserrechtgesetzgebung und -richtlinien.

**Beispielbetriebe:** Weltweit genutzt.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005]

#### 11.4.7.2 Mechanische Methoden

**Beschreibung:** Abbürsten und Abschaben von Foulingstellen in kurzen Intervallen und die Verwendung von harten, beständigen Beschichtungsmaterialien als Alternative zu Antifoulingbeschichtungen. Es gibt eine Auswahl an Werkzeugen, wie rotierende Bürsten, die die Foulingstellen während der kurzen Stillstandzeiten entfernen können.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Antifoulingmethode verwendet keine Schwermetalle oder Biozide.

**Medienübergreifende Effekte:** Diese Methode mindert nicht das Risiko des Eintrags neuer Organismen aus den Meeren der Welt.

Das Abbürsten unter Wasser führt zu einem unkontrollierbaren Risiko der Wasserverschmutzung während solcher Unterwasserarbeiten.

**Betriebsdaten:** Die Nachteile bei dieser Prozedur liegen in den kurzen Reinigungsintervallen.

**Anwendbarkeit:** Der Prozess ist anwendbar bei Schiffen, die in Brack- oder Süßwasser bei niedrigen Temperaturen fahren.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Wasserrechtgesetzgebung und -richtlinien.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [69, Watermann, et al., 2003] [128, TWG, 2005]

#### 11.4.7.3 Elektrochemische Prozesse

**Beschreibung:** Die Oberfläche ist durch elektrische Spannung geschützt, die zu einer Elektrolyse führt. Dabei können toxische Chlorverbindungen (in Salzwasser) entstehen und/oder der pH-Werte auf der Oberfläche wird verschoben, was die Ansiedlung von Fouling verhindert. Diese Technik verhindert Korrosion.

**Erreichte Umwelteffekte:** Dieses Antifoulingsystem enthält keine Biozide.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Elektroden können aus Kupfer gemacht sein, was zu einer Emission von Kupferionen, die toxisch für die Meeresorganismen sind, führt. Es werden toxische Chlorverbindungen erzeugt.

**Betriebsdaten:** Die Menge an freigesetztem Kupfer ist vergleichbar mit der von kupferhaltigen Antifoulings. Diese Methode gilt als sehr effektiv gegen Fouling.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Wasserrechtgesetzgebung und -richtlinien.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [69, Watermann, et al., 2003] [128, TWG, 2005]

### 11.4.8 Abgasbehandlung

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.

Emissionen aus Lacken und von Strahlarbeiten können effektiv gemindert werden durch Nutzen von geschlossenen Werkstätten (siehe Abschnitt 11.4.2.3 und 20.11.2.1). Diese können mit Abgasbehandlungstechniken ausgestattet sein, wie sie in Abschnitt 20.11 beschrieben sind.

VOC-haltiges Abgas vom Spritzauftrag kann z.B. an Aktivkohle adsorbiert werden (siehe Abschnitt 20.11.6.1). Alternativ können die organischen Lösemittel mittels thermischer Nachverbrennung behandelt werden (siehe Abschnitt 20.11.4.4). Wo die VOC-Konzentrationen es erlauben, können die Lösemittel durch Regeneration aus der Adsorption zurück gewonnen werden, oder die thermische Nachverbrennung kann regenerativ betrieben und die Wärme aus dem Oxidationsprozess zurück gewonnen werden.

Staub- und Overspraypartikel können mit Techniken, wie in Abschnitt 20.11.3 beschrieben, behandelt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bedeutende Minderung von VOCs und/oder Staubemissionen.

In einem Beispielbetrieb wird eine Abgasbehandlungsanlage mit einer Kapazität von 300000 $m^3/h$ betrieben. Die VOC-Emissionen werden um 75 % gemindert und eine durchschnittliche Reingaskonzentration von 23 $mg/m^3$ erreicht. Effektive Ventilation und eine Staubabscheideanlage ermöglichen einen fünffachen Luftaustausch pro Stunde, und in der gereinigten Luft kann eine Staubkonzentration von unter 5 $mg/m^3$ erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Energieverbrauch für die Abgasbehandlung.

**Betriebsdaten:** Möglicherweise muss die Staubkonzentration vor der VOC-Behandlung gemindert werden.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar im Falle der Modernisierung von Schiffswerften.

**Wirtschaftlichkeit:** Mit hohen Kosten verbunden.

Die Investitionen für einen Beispielbetrieb betragen 21 Mio. €. Die jährlichen Betriebskosten belaufen sich auf 1 Mio. €, was etwas weniger ist als die Betriebskosten bei einem konventionellen Prozess. Das schließt auch die Filtersysteme für Strahlarbeiten ein.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetrieb:** HDW Kiel, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 11.4.9 Abwasserbehandlung

**Beschreibung:** Abwasser kann vor dem Ablauf behandelt werden, entweder an der Quelle (z.B. beim Slurry-Strahlen) oder gesammelt und zu einer Abwasserbehandlungsanlage auf dem Gelände oder außerhalb geleitet werden. Die erforderliche Behandlung hängt von den vorhandenen Substanzen und dem Ablaufpunkt ab (ins Oberflächenwasser des Hafens oder in den kommunalen Schmutzwasserkanal. Abschnitt 20.12 diskutiert unterschiedliche Abwasserbehandlungstechniken und stellt andere Informationsquellen zur Verfügung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der Wasserverschmutzung insbesondere in geschlossenen Häfen oder Flussmündungsgebieten.

**Medienübergreifende Effekte:** Jede Energie und alle Chemikalien, die zur Behandlung benutzt werden.

**Betriebsdaten:** Zum Beispiel:

(i) Bei Benutzung von Wasserstrahltechniken kann das Wasser im Dock gesammelt werden, in Tanks gefüllt und in die Abwasserbehandlungsanlage eingeleitet werden (siehe Abschnitt 11.3.2.2).

(ii) In einer Anlage erfolgt die Abwasserbehandlung in mehreren Schritten, bestehend aus Fällung und Flockung (z.B. durch Verwenden von Eisen-(III)-Chlorid), gefolgt von der Abtrennung und Filtration. Um das Volumen und das Gewicht des entstehenden Abfalls zu mindern, kann der abgetrennte Schlamm vor der Ablagerung gepresst werden. Das gereinigte Abwasser wird wiederverwendet oder, im Falle von Überschusswasser, als Abwasser abgeleitet. Mit diesem System können Emissionswerte für abfiltrierbare Stoffe von 10 mg/l nach der Behandlung erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Leicht anwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten hängen von der Größe der Anlage ab. Im oben gezeigten Beispiel (ii) waren die Kosten für eine komplette Anlage einschließlich der Installation 100.000 € in Deutschland (in 2000).
Kosten für eine Wasserbehandlungsanlage in Schiffreparaturwerften, die mittelgroße Schiffe bearbeiten (>15000 BRT), werden für mehr als 2 Mio. € angeboten.

**Gründe für die Einführung:** Wasserrecht, Hafenvorschriften und Hafenemissionsvorschriften.

**Beispielbetriebe:** Flender-Werfft, Lübeck, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 11.4.10 Abfallmanagement

**Beschreibung:** Die folgenden Abfälle werden gesammelt und ihre Ablagerung erfolgt entsprechend der betreffenden Vorschriften und Verfahren. Das ist insbesondere wichtig, bevor ein Trockendock geflutet wird.

- Farb- und Lackreste, die entfernt wurden
- überschüssige Farbe und benutzte Farbbehälter
- Overspray von Beschichtungen
- benutzte und kontaminierte Strahlmittel
- Reinigungsmaterialien
- Schlamm, ölige Rückstände und andere abgekratzte oder entfernte Materialien.

Manche Materialien, wie verwendete Schleifmittel und Schrott, können separat gesammelt werden, um das Recycling und Wiederverwenden zu erleichtern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verhindert die Kontamination der Wasserumwelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Siehe Verhalten im Trockendock im Abschnitt 11.4.1.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in allen Fällen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der Anforderungen von Abwasservorschriften, Hafenabfall- und Hafenabfallmanagementvorschriften.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet praktiziert.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005] [173, Portugal, 2006].

# 12 COATING OF AIRCRAFT

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 12.1 General information on the coating of aircraft

In this section, the painting of civil aircraft with more than 50 seats is described. Due to different processes, this section is divided into construction and maintenance.

For maintenance, the paintwork is repaired or applied completely new, and the entire paint application is carried out manually. The selection of the coating system depends on manufacturer defaults, international regulations and requests of the customer. Data reported in this section on aircraft maintenance were gathered at the Lufthansa Technik AG, located in Hamburg, Germany.

Applied processes and techniques for new constructions were investigated at AIRBUS Deutschland GmbH in Hamburg, Germany.

AIRBUS is the only large civil aircraft constructor in the EU-25, but other companies build smaller aircraft, military aircraft or fabricate sections (such as wing sections). The main carriers also have maintenance facilities which may carry out coating. There are also other commercial maintenance facilities in some countries as well as military facilities which may carry out coating. As the coating for whole aircraft, fuselages and large sections is carried out by hand on a batch basis, the rate of consumption of solvent per hour may be more pertinent than the annual quantity consumed [190, Humberstone. S].

## 12.2 Applied processes and techniques in the coating of aircraft

### 12.2.1 Construction

Since the manufacturers' corrosion protection guarantee lasts for 25 years, only specific paint systems can be utilised, as with the maintenance of aircraft, customers' requests also have to be considered.

#### 12.2.1.1 Painting of components

Components are partly painted before assembly takes place. These component parts are coated with a primer and subsequently with a topcoat. A wash primer is only applied in exceptional cases. Increasingly surface spraying is automated. Convection driers and also infrared driers are used for the painting of components. The surface area of the components is about four times greater than that of the aircraft's exterior surfaces. Parts that are delivered by external manufacturers are already coated with ground coats containing chromate.

### 12.2.1.2 Painting of exterior surfaces

Outside surfaces of the completed aircraft are coated manually. As the final lacquer finish takes place after the first flight, only coatings that cure at an ambient temperature can be used. At present, predominantly solvent-based paints (with solvent contents of about 55 – 65 %) are used. However, high solid paints (with a solvent portion of between 30 and 40 %) are increasingly used. As with maintenance, the coating of new planes is carried out in closed workshops. The applied coatings cure at ambient temperatures. First, the hull is coated and completely dried. Then, the hull is masked with packaging paper and the wings are subsequently painted. The paint layers are applied by the wet-on-wet technique. The painting process is subdivided in pretreatment, application of the wash primer, application of the primer and application of the topcoat.

**Pretreatment**
Before the exterior surfaces are coated, impurities, e.g. kerosene, oils and grease, are removed. The hull is cleaned with cleaning agents and the total consumption per aircraft amounts to about 200 litres. Afterwards, anodisation with chromic acid takes place. The purpose is to generate a thicker oxide layer for increased corrosion protection. The primer containing chromate is sanded dry and the hull is again cleaned with organic solvents.

**Application of the wash primer**
After pretreatment, the wash primer is applied manually by using electrostatic spraying techniques. The wash primer is a solvent and chromate containing material based on polyurethane or epoxy resins or polyvinyl butyrate (PVB). The solvent content amounts to about 70 - 90 %. For increased corrosion protection, strontium or zinc chromate is necessary. The layer thickness varies from 8 - 10 µm. After application, evaporation of solvents takes place at ambient temperature.

**Application of the primer**
After the wash primer, a solvent containing primer based on epoxy resin or polyurethane is applied. This is done manually via an electrostatic spray application. The solvent content of these materials varies from 50 - 65 %. The content of strontium or zinc chromate amounts 10 - 20 %. The applied layer thickness averages 15 - 25 µm. The material cures at ambient temperature.

**Application of the topcoat**
The topcoat can be very different according to customers' requests. Solvent-based 2-component paints with a solvent content of 55 - 65 % are exclusively used. The topcoat is applied in several layers (two to four according to the colour) via electrostatic spraying. According to the applied colour, the layer thickness amounts to 60 - 100 µm. After the first layer is applied, a short flashing-off takes place and, before a second layer is applied, another evaporation of about one hour takes place. Subsequently, the three layers are dried. Afterwards, the decoration is applied via a spray application or by pressure sensitive foils. For the painting of exterior surfaces, conventional paints and high solid paints with a solid content of about 70 % can be used. At the request of a customer, a clear coat can be applied on the topcoat.

### 12.2.1.3 Temporary corrosion protection

The so-called 'temporary corrosion protection' is obtained by application of water-rejecting layers in the internal area of the aircraft. The material remains in the plane permanently. The main areas are, e.g. doors, gates, wheel wells and cargo storage areas. The temporary corrosion protection materials are solvent-based, wax-like substances. The application takes place with a brush or via spraying. The solvent content of the products amounts to about 40 - 60 %. About 60 – 80 litres are processed per aircraft.

### 12.2.2 Maintenance

The paint application is carried out in closed workshops where temperature and air humidity can be regulated. For the deposition of overspray from exhaust air streams, wet dust collectors are installed. The applied paints dry at ambient temperature.

#### 12.2.2.1 Paint removal

In the context of maintenance, the primary coat and the topcoats are removed every six to eight years. If an airline company changeover takes place, paint removal is undertaken sooner. This is most common for leasing companies. The paint removal (and new paint application) is done for optical reasons and for examining the structure for wear and corrosion. Paint removal is usually done chemically. Water blasting, which was favoured for environmental reasons, is no longer applied due to the causation of excessive mechanical stress. The aircraft is cleaned with a water-based, alkaline cleaning agent. After drying the windows, running gear and parts consisting of fibre-reinforced plastic, composite materials are masked. The following paint removal process is done via acid cleaning or by mechanical sanding. For acid cleaning, a water-based benzyl alcohol formic-acid is applied with airless spraying techniques. The sealants in the seams are manually removed. For composite materials and partly for metal surfaces, pretreatment is done by sanding.

#### 12.2.2.2 Cleaning

Macerated paint layers are removed by water. Subsequently aqueous-alkaline neutralisation and cleaning takes place. Before paint application, the surfaces are cleaned manually with organic solvents and cleaning wipes. In general, a mix of butyl acetate and butyl alcohol is used as solvent.

#### 12.2.2.3 Pretreatment

Before the primer is applied, a solvent-based wash primer is applied onto metal surfaces. This material contains 76 % organic solvents and about 14 % zinc chromate (in the solid content). Up until now, no zinc-free materials have been used. The material is applied via an electrostatic spray application. The wash primer is not applied onto composite materials.

#### 12.2.2.4 Primer

Two different materials are used as primers:

- primer based on polyurethane or epoxy with a solvents content of 70 % without chromate, and
- primer with strontium chromate (about 20 % in the solids content) and about 67 % organic solvents.

Primers containing chromate are used for increased corrosion protection for climate conditions with a high humidity and high salinity of the atmosphere or upon the request of a customer. Application is carried out manually via electrostatically assisted spray applications.

#### 12.2.2.5 Topcoat

As topcoats, conventional 2-component paints with a solvent content of about 61 % and 3-component high solids with a solvent content of about 43 % are used. Both paints are free of chromate and lead. The application is carried out manually by electrostatically assisted spraying.

#### 12.2.2.6 Clear coat

Conventional topcoats are generally coated with a clear coat layer. If high solid topcoats are applied, an additional clear coat layer is not necessary. It is only used at the request of a customer. The same application method as for topcoats is used.

## 12.3 Current consumption and emission levels in the coating of aircraft

### 12.3.1 Construction

#### 12.3.1.1 Material consumption

For the determination of the material consumption, the aircraft's surface has to be measured. In addition to the exterior surface, the surface of coated component parts also has to be taken into account. Coating the exterior surface takes up to eight days. Most of the time is needed for masking and finishing. The largest amount of paint is consumed by the coating of component parts. The surface area of component parts is about four times greater than that of the exterior surface of the completed aircraft. Table 12.1 shows material consumption for an A 320 (150 passenger seats).

| Coating surface | Surface ($m^2$) | Layers |
|---|---|---|
| Component parts | 3600 | 1 – 2 |
| Outside surfaces | 1200 | 2 – 4 |
| Inside area | 500 | 2 |
| Conservation of rivet heads | 10000 (running meters) | 1 – 2 |

**Table 12.1: Coated surfaces for an A 320**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

For the coating of an A 321 (about 180 passengers), the total surface area of components and interior areas is about 3600 m² and the total exterior surface area of the completed aircraft is about 945 m². The applied dry material has a total weight of 380 kg. For an average paint system (consisting of wash primer, primer and topcoat), about 0.9 kg/m² material is applied. For the painting of component parts or single paint layers, no data could be obtained. Data of the paint consumption are given in Table 12.2.

| Paint layer or process step | Material consumption |
|---|---|
| Pretreatment | 200 l solvents (30 % isobutanol and 70 % butyl acetate) for 600 $m^2$ |
| Wash primer | 75 kg wet lacquer (for the hull); overspray about 20 % |
| Primer | 100 kg wet lacquer (for the hull); overspray about 20 % |
| Topcoat | 200 kg wet lacquer (for the hull) |

**Table 12.2: Consumption of materials for the painting of exterior surfaces of planes**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

#### 12.3.1.2 Water consumption

Keine Daten übermittelt.

#### 12.3.1.3 Energy consumption

Keine Daten übermittelt.

#### 12.3.1.4 Emissions to air

[128, TWG, 2005]

About 600 g VOC/m² are emitted for an average material consumption of about 0.9 kg/m². The emitted overspray is far below 1 mg/m³. The total VOC emissions per aircraft amount to 450 kg for the painting of exterior surfaces. For a plant with a production capacity of 60 aircraft per year, approximately 27 t of VOC are emitted from the coating of exterior surfaces.

Since the interior surface area is about four times greater than that of the exterior surface area, the entire emission for the plant can be estimated up to about 100 t per year. The painting of component parts is generally carried out in different plant locations. In the Airbus Deutschland GmbH Company in Nordenhamm, Germany, the total solvent input was about 131 t in the year 2000. In the Airbus plant in Hamburg, Germany, 69 t VOC/yr may be processed, according to their permit. In 2001, 70 aircraft were produced there.

Due to the difficulty of enclosing the large items being coated (whole planes, fuselages, wings and other large sections) and the high air volumes subsequently extracted. Therefore, a key technique to reduce VOC emissions is to reduce the amount of VOC in the coatings used, for example, by using high solids and/or 2-component coatings.

#### 12.3.1.5 Emissions to water

Along with the paint sludge, waste water is generated from the wet deposition of overspray. The treatment of waste water is similar to the processes used in the serial painting of passenger cars.

#### 12.3.1.6 Waste

Painting of aircraft generates the following wastes:

- paint sludge (hazardous waste)
- filters
- cleaning wipes
- organic solvents (recycled)
- packaging paper (recycled)
- foils
- grinding dust
- empty paint containers.

### 12.3.2 Maintenance

Due to different geometries of aircraft, the consumption and emission values are given for a B 747 – 400 (see Table 12.3). For this type of aircraft, about 2780 m² has to be painted. The data comes from Lufthansa Technik, Germany from 2001

| Process | Material | Material consumption (kg) | Solvent content (%) | VOC emissions (kg per B 747) |
|---|---|---|---|---|
| **Paint removal** | Chemical stripping agent | 3000 | | No VOC[1] |
| **Pretreatment** | Wash primer based on polyvinyl butyrate containing chromate | 240 | 76 | 182 |
| | Primer containing chromate | 450 | 67 | 301 |
| | Primer chromate-free | 450 | 71 | 319 |
| **Cleaning** | Butyl acetate, butyl alcohol | 200 | 100 | 200 |
| **Topcoat** | High solid | 1200 | 43 | 516 |
| | Solvent-based | 1300 | 61 | 793 |
| **Clear coat** | Solvent-based | 1200 | 65 | 780 |

Note:
[1] No VOC according to the definition of the Solvent Emissions Directive 1999/13/EC

**Table 12.3: Material consumption exemplified for a B 747 – 400 by Lufthansa Technik [13, DFIU and IFARE, 2002]**

According to the utilised paint system, the VOC emissions amount to 1.2 – 2.3 t per coated B 747 – 400. If high solid topcoats are utilised, the VOC emissions amount to about one tonne less, compared to conventional topcoatings and an additional clear coat layer. Waste gas treatment equipment, e.g. oxidisers, are not installed due to large volume flows (approx. 450000 m³/h) and low VOC concentrations.

Different types of aircraft are completely or partly coated in the plant, the coating of 150 A 300 aircraft per year is considered as a benchmark for calculating the level of VOCs being emitted in one year. For 2000, it was calculated that 67 t VOC was emitted. The emission value of 150 kg/h is exceeded temporarily for some coating processes due to the simultaneous paint application from several employees (up to 12 painters).

## 12.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT beim Lackieren von Flugzeugen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Lackierung von Flugzeugen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf das Lackieren von Flugzeugen angewendet werden. Tabelle 12.4 zeigt die allgemein bei der Lackierung von Flugzeugen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 12.4: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

### 12.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungsstoffe

**Beschreibung:** Konventionelle lösemittelbasierte Lacke enthalten die folgenden Lösemittelanteile in Gewichtsprozent:

- Washprimer: 70 - 90 % chromathaltiges Lösemittel, basierend auf Polyvinylbutyrat oder Epoxid- oder Polyurethanharz
- Grundierung/Primer: 50 - 67 % Lösemittel, das 10 - 12 % Chromate enthält, basierend auf Epoxid- oder Polyurethanharz
- Grundierung/Primer: 71 % Lösemittel, chromatfrei
- Decklack: 55 - 65 % Lösemittel
- Klarlack: 65 % Lösemittel.

**Erreichte Umweltvorteile:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Auswahl des Lacksystems hängt von den Herstellervorgaben, internationalen Bestimmungen und Kundenwünschen ab. Es ist allgemeine Praxis lösemittelhaltiges Abgas zu behandeln.

Ein berichteter VOC-Emissionswert bei Anwendung eines konventionellen lösemittelbasierten Systems zur Lackierung der Außenseite einer Boeing 747 - 400 (ohne Emissionsminderung) beträgt 430 – 830 g/m$^2$ in Abhängigkeit vom verwendeten Lacksystem. Bei der Beschichtung eines neuen Airbus 321 werden rund 480 g VOC/m$^2$ emittiert. Die Oberfläche der Komponenten ist ungefähr 4 mal so groß wie die Außenfläche eines Flugzeuges, z.B. beträgt die beschichtete Gesamtoberfläche der Komponententeile eines Airbus 320 rund 3600 m$^2$.

Für die Innenlackierung, einschließlich der Komponenten eines Airbus 321, wird ein geschätzter Emissionsfaktor von 300 g VOC/m$^2$ berichtet.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Lacke können in allen Phasen des Lackauftrages verwendet werden (Washprimer, Primer, Decklack, Klarlack und zur Reparatur), und können für Metall oder Kunststoff verwendet werden. Da der garantierte Korrosionsschutz durch den Hersteller 25 Jahre beträgt, können nur spezielle Lacksysteme verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Lufthansa Technik AG, Hamburg, Deutschland. AIRBUS Deutschland GmbH, Hamburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

## 12.4.2 Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungsstoffen (Substitution)

### 12.4.2.1 Highsolid-Lacke (Festkörperreiche Lacke)

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.2. Anstelle eines konventionellen 3-Schicht-Systems (Washprimer, Grundierung (Primer) und Decklack) kann ein Highsolid-System, bestehend aus einem Epoxiprimer und einem Highsolid-Decklack, verwendet werden. 2-Komponenten-Lacke werden als Decklack aufgetragen und haben einen Lösemittelgehalt von 30 - 43 %.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verglichen mit einem konventionellen Lacksystem, können die VOC-Emissionen um bis zu 30 % reduziert werden, das führt zu geschätzten VOC-Emissionen von 200 - 320 gVOC/m², siehe Abschnitt 12.4.1.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die optische Oberflächenqualität und die technischen Eigenschaften der Highsolid- sind gleich oder sogar besser im Vergleich zu denen konventioneller Lacke.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei der Konstruktion und Wartung von neuen Flugzeugen.

**Wirtschaftlichkeit:** Materialkosten und Kosten der Lackentfernung für Wartungsarbeiten sind höher.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet. Lufthansa Technik AG, Hamburg, Deutschland. AIRBUS Deutschland GmbH, Hamburg, Deutschland

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

## 12.4.3 Ersatz von sechswertigem Chrom (Substitution)

Der Auftrag und die Behandlung von hexavalentem Chrom und dessen Ersatz durch andere Optionen sind im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen (STS BREF) beschrieben. [59, EIPPCB, 2006].

Washprimer und Grundierungen enthalten Chromate, die als erhöhter Korrosionsschutz unter klimatischen Bedingungen mit hoher Feuchtigkeit und hohem Salzgehalt der Atmosphäre wirken oder auf Anforderung des Kunden aufgebracht werden. Grundierungen werden durch elektrostatisch unterstütztes Spritzen aufgebracht.

Ein chromatfreier Primer kann bei Flugzeugen, die unter normalen klimatischen Bedingungen benutzt werden, aufgebracht werden. Der chromathaltige Washprimer kann aus Sicherheitsgründen jedoch nicht ersetzt werden [13, DFIU und IFARE, 2002].

Es wird berichtet, dass ein chromatfreier Primer, der den separaten Washprimer und einen Primer als Korrosionsschutz ersetzen kann, zur Verfügung steht. [128, TWG, 2005].

### 12.4.4 Lackauftrags- und Lackversorgungstechniken

#### 12.4.4.1 Elektrostatisch unterstütztes Spritzen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitte 20.7.3.15 und 20.7.3.17. Diese Techniken werden allgemein angewendet.

#### 12.4.4.2 Spritzkabine mit Nassabscheidung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.4.1. Diese Technik wird zunehmend zur automatischen Lackierung von Flugzeugkomponenten angewendet.

#### 12.4.4.3 Komponentenlackierung – Einhausung und automatisierter Auftrag

**Beschreibung:** Komponententeile werden zunehmend unter Nutzung automatischer Lackierprozesse in geschlossenen Spritzkabinen lackiert, die mit einer Abgasbehandlung ausgerüstet sind (siehe Abschnitte 20.2.3 und 20.11.2.1).

**Erreichte Umwelteffekte:** Dies reduziert die Gesamt-VOC-Emissionen für ein Flugzeug, da die Oberfläche der Komponenten ungefähr vier Mal größer ist als die Außenseite eines Flugzeuges, z.B. ist die beschichtete Gesamtoberfläche der Komponententeile eines Airbus A320 rund 3600 $m^2$ groß im Vergleich zu 1200 $m^2$ des Flugzeugrumpfes.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** AIRBUS France, Nantes, France.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [162, Eurocar, 2005]

### 12.4.5 Abgasbehandlung

#### 12.4.5.1 Partikelabscheidung mit Venturisystem

Venturisysteme werden zur Verbesserung der Effizienz von Nassabscheidern für Stäube verwendet (siehe Abschnitt 12.4.5.2). Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.5
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 12.4.5.2 Wäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.8. Nassabscheider werden zur Abscheidung von Overspray installiert. Es wurden erreichbare Emissionswerte von <1 mg/m$^3$ Staub aus der Spritzapplikationen berichtet.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 12.4.5.3 Behandlung von Abgas aus der Rumpflackierung

Der Auftrag auf Flugzeuge erfolgt in geschlossenen Werkhallen (siehe Abschnitt 20.11.2.1) und erfolgt vollständig von Hand mittels Spritzpistolen. Eine Abgasbehandlung erfolgt typischerweise wegen der erheblichen Volumenströme (rund 450000 m$^3$/h), geringer VOC-Konzentrationen und des diskontinuierlichen Betriebs der Anlagen nicht.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

# 13 COATING OF OTHER METAL SURFACES

## 13.1 General information on the coating of other metal surfaces

A wide range of metal surfaces are coated for corrosion prevention and/or decoration. They may be for finished products (such as cleaning machines) or in sub-assemblies that are a part of other products, such as engine blocks for vehicles. They are not dealt with individually in detail, but example data are given. Some examples are:

- steel furniture, e.g.
  - furniture and fittings for commercial use, hospitals, etc.
- household appliances, e.g:
  - white goods: fridges, washing machines, etc.
- mechanical engineering, components, cabinets
  - e.g. for high voltage switch gear
- automotive sub-assemblies, eg:
  - engine blocks
  - windscreen wiper assemblies
  - radiators
  - brake discs
  - aluminium rims
- construction, e.g:
  - facade panels
  - door and window frames
  - heating panels, radiators.

This is a group of activities classed among ‘other coatings’ in the SED [123, EC, 1999]. The EGTEI data sheet for the industrial application of paints considers three sub-groups [142, EGTEI, 2005]:

- general industry: trade coaters, general engineering, industrial equipment, original equipment, heavy engineering and ACE (see Chapter 10), aerospace (see Chapter 12)
- continuous processes: furniture, rigid metal packaging and drums (see parts of Chapter 15),
- plastic coating: plastic and automotive OEM components (see Chapter 16).

## 13.2 Applied processes and techniques

Any of the techniques in Chapter 20 may be applied.

## 13.3 Current consumption and emissions levels

This group of activity emits NMVOC originating from the use of paints containing solvents, thinners and cleaning solvents. NMVOC emissions from this sector may vary significantly from country to country. At EU-25 level for 2000 (according to the RAINS model), NMVOC emissions were 543.8 kt representing 5.9% of total NMVOC emissions. Total activity was 1601 kt of paints used, giving an average emission factor of about 339.6 g NMVOC/kg paint consumed meaning that emissions from this sector are already partly treated in the EU-25 (unabated emission factors range between 690 and 750 g/kg of paint according to the sub-sector). [142, EGTEI, 2005]

Due to the wide range of this industry group, it is not possible to give details of consumptions and emissions. They will depend on:

- the type of processes applied
- end-of-pipe treatments applied
- products
- volume of production.

General information can be found with the appropriate techniques in Chapter 20.

## 13.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Serienlackierung von anderen Metalloberflächen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch in der Serienlackierung von anderen Metalloberflächen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch auf die Serienlackierung von anderen Metalloberflächen angewendet werden. Tabelle 13.1 zeigt die allgemein bei der Serienlackierung von anderen Metalloberflächen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die Serienlackierung von anderen Metalloberflächen (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [142, EGTEI, 2005].

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 13.1: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

### 13.4.1 Neue Mehrfach-Lacksysteme zur Lackierung von Aluminiumfelgen/-rädern

**Beschreibung:** Eine neue Produktionsstätte für Aluminiumräder erreicht Folgendes:

- Ersatz von Chrom (VI) durch ein Schwermetall-freies System in der Vorbehandlung
- Ersatz lösemittelbasierter Lacke durch Pulverbeschichtung (Acrylharz)
- Ersatz lösemittelbasierter Metalliclacke durch wasserbasierte Metalliclacke zur Minderung der VOC-Emissionen.

Gleichzeitig erfüllt der gewählte Prozess sowohl hohe technische Anforderungen, als auch die Qualitätsanforderungen des Kunden und sei ökonomisch optimiert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Technik hat folgenden Nutzen (siehe Bild 13.1):

- die Verwendung von Chrom (VI) wurde eingestellt
- der Auftrag eines wasserbasierten Lacks als Metallicbasislack durch eine Kombination von Hochrotationsglocken und HVLP führt zu einem Auftragswirkungsgrad von 80 %
- die Pulverbeschichtung für die Basislackschicht erreicht einen Auftragswirkungsgrad von 98 %
- für die Decklackschicht mit Acryl-basierter Pulverbeschichtung wurde eine Auftrags-wirkungsgrad von 98 % erreicht
- die VOC-Emissionen wurden ungefähr um 94 % gemindert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Siehe Tabelle 13.2 und Tabelle 13.3.

| | | **Konventioneller Prozess** | | **Neuer Prozess** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Lack-verbrauch** | **Feststoff-auftrag** | **Lack-verbrauch** | **Feststoff-auftrag** |
| **Beschichtung/ Basisschicht** | Pulverbasislack | 80 – 100 g | | 80 – 100 g | |
| | Auftrags-wirkungsgrad | 98 % | | 98 % | |
| **Metallische Basisschicht** | lösemittelbasierter Nasslack | <60 g | 12.5 g (ungefähr) | -- | -- |
| | wasserbasierter Nasslack | -- | -- | 35 g | <10 g |
| | Auftrags-wirkungsgrad | 50 – 60 % | | 80 % | |
| **Beschichtung Klarlack** | lösemittelbasierter Klarlack | <60 g | 15 g | -- | -- |
| | Pulver | -- | -- | 45 g | |
| | Auftrags-wirkungsgrad | 50 – 60 % | | 98 % | |

**Tabelle 13.2: Einsatzmenge/Verbrauch von Ressourcen pro lackiertes Aluminiumrad**

| | Konventioneller Prozess | Neuer Prozess | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| **Beschichtung/ Basisschicht** | | | |
| Abfall Pulver | <2.5 t/a | <2.5 t/a | Keine Produktionslinie, da derselbe Prozessschritt benutzt wird |
| **Metallic-Basisschicht** | | | |
| VOC | 37 t/a (rund) | 4 t/a (rund.) | Reduktion durch wasserbasierte Schicht rund 90 % |
| Feststoff-eintrag in das Abwasser | 8 t/a (rund) | 2 t/a (rund) | Minderung und Ersatz gefährlicher Substanzen, Cr (VI) |
| **Beschichtung Klarlack** | | | |
| VOC | 29 t/a (rund) | 0 t/a | Minderung rund 100 % |
| Feststoff-eintrag in das Abwasser | 20 t/a (rund) | -- | Minderung rund 100 % |
| Abfall Pulver | | 1 t/a (rund) | zusätzlicher Abfall |

**Tabelle 13.3: Emissionen bezogen auf 1 Million Räder/Jahr**

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Kapitalkosten für eine Neuanlage: 3,975 Mio. €. Der Prozess arbeitet wirtschaftlich insbesondere wegen des hohen Niveaus der Automatisierung und Überwachung und der Minimierung der Schichtdicke.

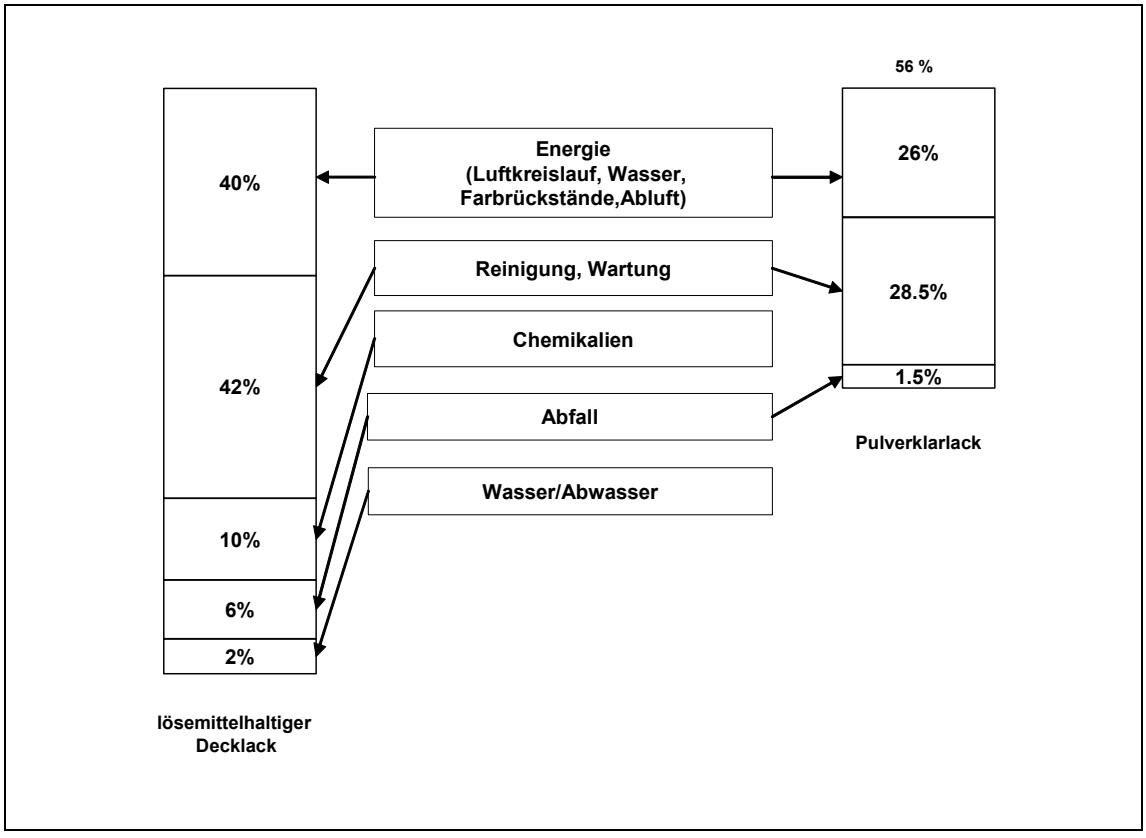


**Bild 13.1: Vergleich der Verwendung von lösemittelbasiertem Klarlack und der Verwendung von Pulverklarlack**

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG.

**Beispielbetriebe:** BBS Kraftfahrzeugtechnik AG, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [105, UBA - DE, 2002]

# 14 COIL COATING INDUSTRIES

[58, ECCA, 2004, 76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

## 14.1 General information on coil coating

The definition of a coil coating process according to EN-10169-1:1996 is as follows: *'A method in which an organic coating is applied on a metal strip in a continuous process. This process includes cleaning and chemical pretreatment of the metal surface and either one-side or two-side, one or multiple application(s) of (liquid) paints or coating powders which are subsequently cured, or laminating with plastic films'.*

The substrate is normally either cold rolled zinc or zinc alloy coated steel (75 %) or aluminium (25 %) expressed as surface area. 95 % of the coatings consist of paints and 5 % of plastic laminates. The latter coating type is experiencing rapid growth at present, particularly as a combination of prepainting and laminating.

The coated coil process gives the option of a wide range of colours, gloss levels and surface textures. The coil can be delivered in coil form, slit or as cut lengths; it can be subsequently bent, profiled, deep drawn, fastened, etc., without detriment to the surface coating. All stages of the process are under continuous control, e.g. the chemical bath concentration and temperature, coating thicknesses, colour, gloss, adhesion and mechanical qualities of the coating.

### 14.1.1 The size of the coil coating industry

Most of the coil coaters in Europe are integrated companies in large, steel or aluminium groups, normally supplying big quantities of pre-coated metal. Some coil coaters such as coil coaters of narrow strips, and specialised service centres (increasingly becoming more common), for example, deliver smaller and more customised quantities to the user.

Currently there are around 390 lines worldwide (outside North and South America) installed in 50 countries, with new capacities still emerging, showing the growing demand.

Table 14.1 gives the number of production lines by country in Europe and the yearly production volumes of pre-coated steel and aluminium. It is not known if all of these fall within the scope of the IPPCD.

| | Number of production lines | Yearly volumes of prepainting coil lines | |
|---|---|---|---|
| | | Steel (kt/yr) | Aluminium (kt/yr) |
| Austria | 2 | 375 | |
| Belgium | 7 | 670 | 8 |
| Denmark | 3 | 20 | 10 |
| Finland | 2 | 270 | * |
| France | 17 | 1415 | 45 |
| Germany | 24 | 1469 | 382 |
| Greece | 4 | 60 | 50 |
| Ireland | 0 | 0 | 0 |
| Italy | 34 | 1225 | 197 |
| Luxembourg | 0 | 0 | 0 |
| Netherlands | 15 | 170 | 55 |
| Portugal | 2 | 40 | * |
| Spain | 18 | 428 | 68 |
| Sweden | 13 | 350 | * |
| United Kingdom | 9 | 510 | 10 |
| Czech Republic | 1 | 40 | |
| Hungary | 1 | 90 | * |
| Poland | 4 | 200 | 10 |
| Slovak Republic | 2 | 80 | 5 |
| **Total** | **158** | **7412** | **840** |
| | | **8252** | |
| Note:<br>*Steel and aluminium data are not split so the total has been considered in the steel figures | | | |

**Table 14.1: Number of production lines and yearly production of pre-coated steel and aluminium in some European countries**
**[58, ECCA, 2004]**

Pre-coated sheet metal products are widely used in industries as varied as building and construction, consumer products, the automotive industry, furniture, lighting, technical packaging, etc. The scale of the uptake of pre-coated products can be seen in Table 14.2 where 2002 figures for pre-painted steel and aluminium are listed.

| | Steel | | Aluminium | |
|---|---|---|---|---|
| | (kt) | (%) | (kt) | (%) |
| ECCA (1) | 4674 | 31.3 | 344 | 36 |
| NCCA (2) | 4179 | 28 | 558 | 58.4 |
| Rest of World | 6064 | 40.7 | 53 | 5.6 |
| **Total** | **14917** | **100** | **955** | **100** |
| Notes:<br>- ECCA – European Coil Coating Association<br>- NCCA – National Coil Coating Association (from the United States) | | | | |

**Table 14.2: Coil coating statistics for 2002**
**[58, ECCA, 2004]**

## 14.2 Applied processes and techniques in coil coating

[58, ECCA, 2004], [71, BSTSA], [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

A coil coating line coats metallic substrates of coiled strip products with paint or a laminate. These are typically applied onto cold rolled, hot dip or electro-galvanised steel or aluminium; copper alloys, stainless steel and other metal substrates can also be coated.

### 14.2.1 Typical coil coating line process description

A typical organic coil coating line comprises decoilers, an entry strip accumulator, cleaning, conversion coating, prime coating, finish coating, an exit accumulator and recoilers. This configuration allows the line to operate continuously at high speeds for seven days a week, twenty-four hours a day, for maximum efficiency. All process parameters are controlled to assure effective operation.

Table 14.3 shows the typical operating parameters of an organic coil coating line, and Figure 14.1 the basic layout of the line.

| Parameter | Value |
|---|---|
| Operating speeds (m/min) | 30 – 180 |
| Gauge (mm) | 0.1 – 2 |
| Width (mm) | 150 – >1600 |
| Coating thickness (µm each side) | 1 – 200 |

**Table 14.3: Typical operating parameters of an organic coil coating line**
**[58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]**

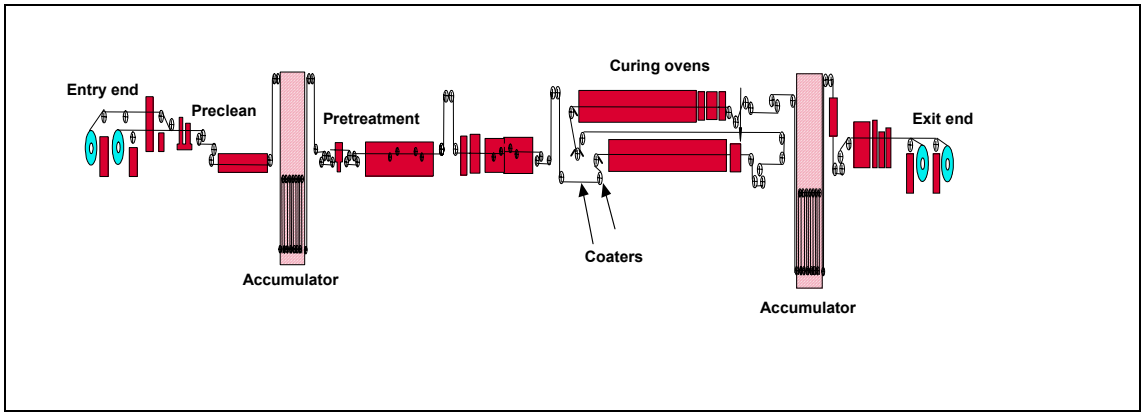


**Figure 14.1: Typical layout of a coil coating line**
**[58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]**

The next sections explain the different parts of the coil coating line in more detail.

#### 14.2.1.1 Entry

The coiled strip is fed into the line by a coil car and pay off reel. The coil is measured to ensure compliance with quality standards, and then passed through a shearing process to remove any damaged material from the leading edge. A stitch or weld is created between the leading edge of the new coil and the end of the coil already being processed in the line, to allow a continuous flow of material through the processing section. The strip then goes through a notcher, which allows the stitch to be tracked through the line.

#### 14.2.1.2 Leveller

Tension levelling may then be used to ensure that a good standard of flatness is achieved. This is required to facilitate passage of the material though the roller coaters and ovens, and to meet customer requirements. Poor strip shape can result in an uneven paint layer and scratches.

#### 14.2.1.3 Accumulator

After the leveller, the strip enters an entry accumulator, this normally operates to full capacity but will release stored strip to allow sufficient time for the entry section to stop and stitch or weld coils together.

#### 14.2.1.4 Cleaning section

The strip is chemically cleaned and degreased in an aqueous cleaning solution, via either a dip and/or spray system. It is essential that the surface of the strip is free from impurities, such as grease, oil or abraded metallic fines, so that it can be fully coated with the conversion coating, thus ensuring optimal performance of the final product. Cleaning is followed with hot and cold water rinses to remove all residual chemicals. A 'squeegee' roll set-up is generally used to ensure that low carryover from the degrease section occurs. A 'pre-cleaning' section may be installed before the entry accumulator in case of heavily soiled substrates.

#### 14.2.1.5 Conversion coating (pretreatment)

The strip is dried prior to being treated with a conversion coating. This coating usually contains chromic or chromium-free salts and provides an activated surface that enables the organic paint layer to adhere to the metallic surface of the strip. For metals such as cold and hot rolled steel and various forms of galvanised steel, a coating of iron or zinc phosphate may be applied instead. Special additives will also typically be used to promote the coating deposition on different metals and to increase process efficiency. The presence of this conversion coating improves the paint adhesion and humidity resistance, and hence improves the longer-term corrosion resistance of the final product. The coating can be applied via a chemical roller coater ('chemcoater', which does not require rinsing) or by a spray/dip and squeegee roll arrangement. Some coatings require a final rinse to remove any residues left on the strip component, the component is oven dried before entering the coating section.

#### 14.2.1.6 Prime coat application

The painting process comprises two stages, namely 1) primer application, and 2) finish application. In the first stage, the strip passes through a roller coater machine that applies a primer to both sides of the strip. The roller coater can be adjusted in order to regulate the amount of paint applied onto the strip surfaces. Coating operations are carried out in an enclosed, no smoking area that is adequately ventilated to ensure safe working conditions for personnel under local and European regulations.

After application of the primer, the strip passes through an oven, the temperature and residence time of which is controlled to ensure that all the volatiles are removed and that the paint is properly cured. This will be dependent on the paint system applied and the cross-sectional area of the strip. After oven curing, the strip is cooled by either an air or water cooling system, and in some instances both.

#### 14.2.1.7 Finish coat application

Once dried, the strip passes though a second roller coater machine, which applies the finish paint coat to either one or both surfaces. A similar or different coating may be applied to the reverse side of the coil. Again the thickness of paint applied to each side of the strip can be controlled. The strip then passes though an oven set at an appropriate temperature to ensure that all the volatiles are removed and that the paint is fully cured. After oven curing, the strip is cooled by either an air or water cooling system, and in some instances both.

For the production of plastisol products, an embossing roller may be used to imprint a pattern into the hot paint surface prior to quenching.

The adhesive required for the production of laminated materials can be applied with either of the roller coater heads. It is subsequently cured in an oven and then processed through the laminator.

All coating operations are normally carried out in an enclosed, no smoking area that is adequately ventilated to ensure safe working conditions for personnel.

#### 14.2.1.8 Embosser/laminator

Embossing rolls are used to imprint patterns or textures into the thicker coatings. Embossing is followed by quenching and drying.

For the production of laminated materials, rolls of thin polymer film are bonded to the strip with or without a separately applied adhesive. The film is laid on to the hot coating by roll pressure, followed by quenching and drying as for paint coating.

#### 14.2.1.9 Cooling systems

In order to minimise water usage, consistent with the product quality, an evaporative or other cooling tower may be used to provide a closed system for strip cooling.

#### 14.2.1.10 Exit

After being cooled, the strip passes though an exit accumulator and guillotine/shears. This accumulator allows the line to run continuously while the exit section slows or stops in order to remove a finished coil. The strip is inspected and tested to ensure that it complies with quality standards, and is then coiled onto a tension reel. The completed coil is removed and strapping is applied. It is then identified and moved to the packing area, where it is packed as per customer requirements.

### 14.2.2 Coating types

As the coil coating line has the ability to apply paint or laminate to a substrate, a large variety of products can be manufactured. The coatings, which include polyesters, $PVF_2$, polyurethanes, plastisols, epoxy and epoxy phenolic coatings, primers, backing coats and laminates, are typically applied in thicknesses of between 1 and 200 microns.

A flexible anticorrosive primer or a base coat is applied onto the pretreated metallic sheet to give good adhesion and durability to the subsequently applied topcoat. For each product, the coating is built up in a number of layers, a typical example for steel coated material can be seen in Figure 14.2.

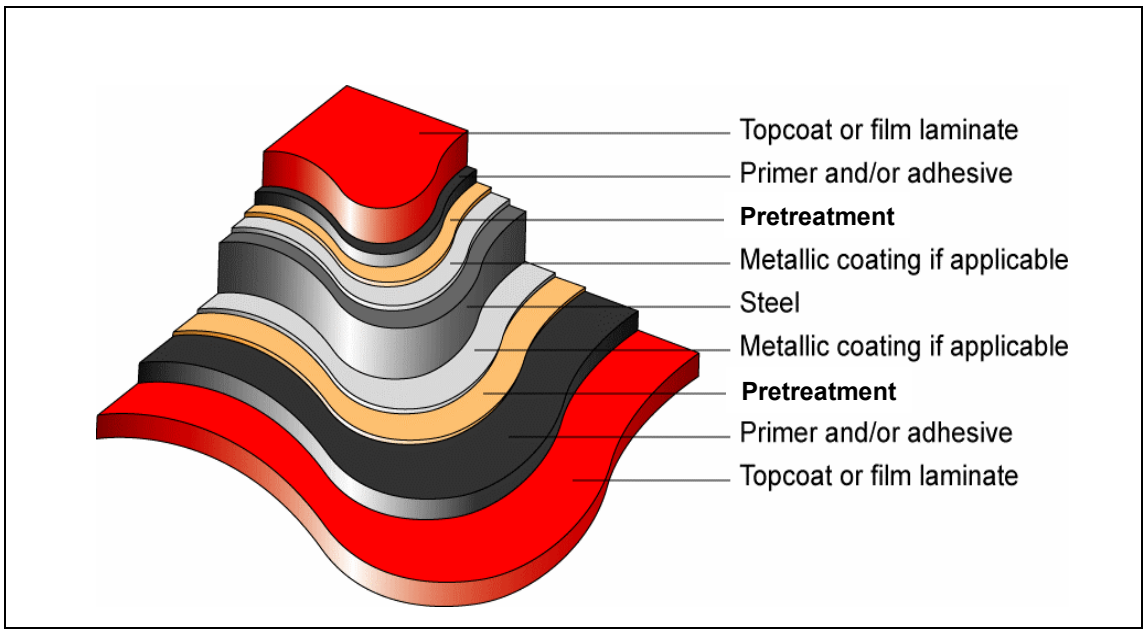


**Figure 14.2: Typical layers of a steel coated product**
**[58, ECCA, 2004]**

Table 14.4 lists some typical organic coating types used in the coil coating industry.

| Coating | Dry film thickness (µm) | Resin types | Solvent content (%) | Solvent types | Cure temperature (°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Primers** Conventional | 4 – 9 | Epoxy/urea<br>Epoxy/melamine<br>Polyester/melamine<br>Polyurethane<br>Acrylic | 50 – 70 | High boiling aromatics; alcohols; glycol ethers/esters; high boiling esters | 210 – 230 |
| **Primers** High build | 12 – 25 | Polyester/melamine<br>Polyurethane | 40 – 50 | High boiling aromatics; alcohols; glycol ethers/esters; high boiling esters | 210 – 230 |
| **Back coats** | 4 – 15 | Polyester/melamine<br>Epoxy/melamine<br>Epoxy/phenolic<br>Alkyd/melamine | 50 – 70 | High boiling aromatics; alcohols; glycol ethers/esters | 180 – 250 |
| **Topcoats** | | | | | |
| Polyester | 18 – 25 | Saturated polyesters cross linked with melamine-formaldehyde resins | 35 – 55 | High boiling aromatics; glycol ethers/esters; high boiling esters/alcohols | 210 – 230 |
| **SMP** (silicone modified polyester) | As above | As above except for silicone modification in the polyester resin | 45 – 55 | High boiling aromatics; glycol ethers/esters; high boiling esters | 210 – 230 |
| Polyurethane | 20 – 30 | Saturated polyesters with urethane cross-linking | 30 – 50 | High boiling aromatics; glycol ether/esters; high boiling esters | 220 – 240 |
| **PVDF** **$PVF_2$** | 20 – 25 | Polyvinylidene difluoride + acrylic polymer | 40 – 65 | High boiling aromatics; glycol ethers/esters; high boiling ketones | 240 – 260 |
| **PVC plastisol** | 100 – 200 | Polyvinyl chloride + plasticisers | <10 | High boiling esters; high boiling aliphatics | 190 – 210 |

| Coating | Dry film thickness (µm) | Resin types | Solvent content (%) | Solvent types | Cure temperature (°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Topcoats** | | | | | |
| **Water-based products** (includes some primers and back coats) | 10 – 25 | Acrylic/melamine | 5 – 15 | High boiling esters; glycol ethers/esters | 220 – 230 |
| **Non-stick bakeware coatings** | 12 – 15 (2-coat 7+7) | Polyether-sulphone PTFE | 65 – 80 | N-methyl pyrrolidone; butyrolactone; high boiling aromatics | 350 – 370 |
| **Laminate film coatings** | 15 – 120 | Polyvinyl chloride, PVC; polyvinyl fluoride, PVF; polyethylene terephthalate, PET; acrylic; polypropylene | 0 | None in film, but used in primer/adhesive | Lamination at 180 – 230 |
| **Powder coatings** | 35 – 100 | Polyester/epoxy polyurethane | 0 | | 200 – 250 |

**Table 14.4: Organic coating types used in the coil coating industry**
**[58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]**

## 14.3 Current consumption and emission levels in coil coating

[13, DFIU and IFARE, 2002], [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

### 14.3.1 Mass balances

General consumption and emission data from the coil coating processes are reported in the following sections. However, several consumption and emission data from some individual plants have also been gathered and reported in the relevant sections below.

### 14.3.2 Consumptions

[13, DFIU and IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 14.3.2.1 Materials

[128, TWG, 2005]

Table 14.5 lists the usage of organic coatings in 1993 and 2002.

| Coatings type | Relative usage (%) | |
|---|---|---|
| | **1993** | **2002** |
| **Primers** | 16.5 | 20 |
| **Backing coats** | 13.2 | 16.6 |
| **Top coats** | | |
| Polyester | 36.1 | 39 |
| SMP (silicone modified polyester) | 3.4 | 0.2 |
| Polyurethane | Unknown | 6.2 |
| PVdF (polyvinylidene diflouride) | 2.7 | 2.2 |
| PVC plastisol | 19.9 | 14.1 |
| Water-based | 0.4 | 0.2 |
| Laminate films | 6 | 6 |
| Powder | Unknown | ~0.5 |
| Acrylic (solvent-based) – largely historical | 0.3 | 0.002 |
| Other | 7.5 | 1 |
| **European total usage** | **95000 t/yr** | **158000 t/yr** |

**Table 14.5: Usage of organic coatings 1993 and 2002**
**[58, ECCA, 2004]**

The following materials are used in organic coil coating processes:

- metallic substrates
- paint
- solvents
- cleaning and pretreatment chemicals paint stripper
- engineering oils
- (demineralised) water (about 0.3 l/$m^2$ coil)
- others: biocides, grease, cleaning materials.

Table 14.6 shows the inputs to the coil coating process, their uses and typical end-of-life destination.

| Substance | Use | Typical end-of-life destination |
|---|---|---|
| **Inputs in solid form** | | |
| Metal strip (as coil) | Substrate | Product or scrap |
| Cleaning wipes (fabric) | Cleaning | Can be laundered for re-use |
| **Inputs in liquid form** | | |
| Paint | Strip coating | Product/licensed removal |
| Solvent | Cleaning and thinning paint | Licensed removal |
| Cleaning chemicals | Cleaning strip | Treatment plant/licensed removal |
| Pretreatment chemicals | Pretreatment of strip | Product/treatment plant/licensed removal |
| Paint stripper | Cleaning paint heads | Licensed removal |
| Water | Cooling/treatment | Waste stream/effluent |
| Engineering oils | Lubricant | Licensed removal |
| Coating oils | Anti-corrosion | Product/licensed removal |
| Biocides | Water treatment chemicals | Waste stream effluent |
| **Inputs in gaseous form** | | |
| Steam or hot water (1) | Strip drying/solution heating | Condensate – drain system |
| Natural gas (1) | Fuel | Combustion products to air |
| Hydrogen | Oven monitoring | Combustion products to air |
| Ethylene in air | Oven monitoring | Combustion products to air |
| Note:<br>1) An alternative option is to use electricity | | |

**Table 14.6: Inputs to the coil coating process, their uses and typical end-of-life destination [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]**

### Organic coating

For the coil coating sector, solvent-based coating systems are used almost exclusively; see Table 14.5. Organic coating systems are based on polyester and polyurethane (or a combination of both), epoxy or epoxy-phenolic, and polyvinylidene difluoride (PVdF or $PVF_2$). For special surfaces, coatings with thermoplastic foils based on polyvinyl chloride (PVC), or polyethylene terephthalate (PET) are applied, but may also include polyvinyl fluoride (PVF) and other polymers.

The resin base for primers may be epoxy, polyester, polyurethane or acrylic, depending on the particular specification. Traditionally, anti-corrosive primers rely on the chemical activity of zinc or strontium chromates to provide corrosion protection. While internal and lower specification systems have performed adequately without chromate pigments, the use of chromate-free primers in long life coatings in aggressive environments is not currently established (see the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]).

The solvents used most frequently have been included in Table 14.8.

| Type of solvent | Some examples |
|---|---|
| Alcohols | Diacetone alcohol |
| Glycol acetates | Propylene glycol methyl ether acetate, ethyl diglycol acetate |
| Glycols | Butyl diglycol, butylglycol, propylene glycol monomethyl ether |
| High boiling esters | Dibasic esters, mixtures of refined dimethyl esters of adipic, glutaric and succinic acids |
| Ketones | Isophorone |
| Petroleum hydrocarbons | Commercial aromatic fractions, xylol |

**Table 14.7: Solvents used most frequently in organic coating**
**[76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

Another source reports that, in the United States, the solvents used most frequently include xylene, toluene, methyl ethyl ketone (MEK), butanol, diacetone alcohol, isophorone, butyl carbinol, mineral spirits, ethanol, nitropropane, tetrahydrofuran, methyl isobutyl ketone, isopropanol and di-isoamyl ketone and many mixtures of other special solvents [57, Rentz, et al., 1999].

There is an increasing application of thin film coatings (around 3 µm) especially in the vehicle industry as well as a decrease in the use of polyvinyl chloride plastisols.

The solvent-based paints currently applied have a solid content in the range of 30 – 70 wt-%. The applied layer thickness for systems based on acrylate, epoxy, polyurethane or polyester varies from less than 1 up to 50 µm, however this is most commonly around 25 µm.

For plastisols with a solvent content of 5 - 10 %, a layer thickness of up to 200 µm is typical.

For powder coating systems, a common layer thickness is in the range of 60 – 100 µm.

Typical consumption figures in relation to one square metre coated coil applying a layer thickness of 50 – 60 µm of powder or liquid coating is shown in Table 14.9.

| Paint system | Paint consumption ($g/m^2$ coil) |
|---|---|
| Solvent-based (50 wt-%) | 32 – 53 |
| Powder paint | 60 – 80 |
| Note: Due to the various coatings systems and layer constructions, these figures represent only an approximation. | |

**Table 14.8: Typical paint consumptions in coil coating**
**[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

In Germany, about 22000 tonnes of solvent-based paint was applied in 2000. In large installations, solvents are used at the rate of hundreds of kilograms an hour.

Consumables containing non-solvents listed in Table 14.10 include cleaning and pretreatment chemicals.

| Process | Product | Application method | Substrate | Main components | Consumption rate (kg/1000 $m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cleaning | Alkali liquid | Spray | Cold rolled steel<br>Zinc coated steel | Potassium hydroxide<br>Sodium hydroxide<br>Phosphates<br>Sugar-based complexing agent<br>Surfactants | 1.6 |
| Cleaning | Alkali liquid | Spray | Aluminium | Potassium hydroxide<br>Sodium hydroxide<br>Phosphates<br>Sugar-based complexing agent<br>Surfactants | 2.5 |
| Cleaning | Acid liquid | Spray | Aluminium | Sulphuric acid<br>Phosphoric acid<br>Hydrofluoric acid<br>Surfactants | 1.3 |
| Pretreatment | Alkaline oxide (stage 1) | Spray and immersion | Zinc coated steel | Sodium hydroxide<br>Sugar-based complexing agent<br>Ferric nitrate<br>Cobalt nitrate | 4.8 |
| Pretreatment | Alkaline oxide (final rinse) | Spray | Zinc coated steel | $Cr^{6+}$, $Cr^{3+}$, Zn, HF | 0.94 |
| Pretreatment | Chrome (no rinse) | Chemcoater | Cold rolled steel<br>Zinc coated steel | $Cr^{6+}$, $Cr^{3+}$, phosphoric acid | 0.52 |
| Pretreatment | Zinc phosphate | Spray | Zinc coated steel | Zinc phosphate | 6.6 |
| Pretreatment | Chrome (rinsed) | Spray | Zinc coated steel | $Cr^{6+}$, $Cr^{3+}$ | 11 |
| Pretreatment | Chrome-free (no rinse) | Chemcoater | Zinc coated steel | Titanium, manganese, zirconium, phosphoric acid, organic polymer | 0.4 |
| Pretreatment | Chrome (no rinse) | Chemcoater | Aluminium | $Cr^{6+}$, $Cr^{3+}$, phosphoric acid | 0.52 |
| Pretreatment | Chrome (rinsed) | Spray | Aluminium | $Cr^{6+}$, $Cr^{3+}$, phosphoric acid, hydrofluoric acid | 2.00 |
| Pretreatment | Chrome-free (no rinse) | Chemcoater | Aluminium | Titanium, manganese, zirconium, phosphoric acid, organic polymer | 0.40 |
| Pretreatment | Chrome-free (rinsed) | Spray | Aluminium | Titanium, zirconium, | 2.00 |
| Pretreatment | Chrome-free (no rinse) | Spray and immersion | | Zirconium | |

**Table 14.9: Chemicals containing non-solvents**
**[58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

### 14.3.2.2 Water

The main water usage is for the cleaning and pretreatment stations, although some is used in quenching after coating and embossing. Techniques and BAT for controlling and reducing water usage are in the STM BREF. Key techniques are benchmarking consumptions, siehe Abschnitt 20.1.3, and the techniques discussed in Section 20.4 (re-use and recycling, regeneration, cascade rinsing, and controls) [128, TWG, 2005].

#### 14.3.2.3 Energy

Natural gas is normally used as the fuel source for the paint curing ovens and for the oxidiser (combustion process). Commonly, a regenerative or recuperative oxidiser is applied. The heat generated can eventually be used in the process or can be used for steam generation or hot water. Natural gas can also used to heat the no-rinse coating system oven, which dries the chromate solution that has been applied to the strip. Dampers and temperature gauges are used to ensure that control of oven settings is achieved. In an integrated steel plant, recovery of energy can be connected to the overall energy system of the site.

Electricity is used to power the line, and is sourced from the national grid. The main use of electricity is for process operations and coil movements with the overhead cranes and line drives, which are all electrically powered. Typical consumption levels are shown in Table 14.11 and Table 14.12 below.

| **Electricity (kWh/1000 $m^2$) Aluminium** | | | **Electricity (kWh/1000 $m^2$) Steel** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Minimum | Average | Maximum | Minimum | Average | Maximum |
| 270 | 360 | 375 | 250 | 350 | 440 |

**Table 14.10: Electricity use for aluminium and steel substrates**
**[58, ECCA, 2004]**

| **Fossil fuels (MJ/1000 $m^2$) Aluminium** | | | **Fossil fuels (MJ/1000 $m^2$) Steel** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Minimum | Average | Maximum | Minimum | Average | Maximum |
| 4000 | 7000 | 9800 | 3000 | 6500 | 10200 |

**Table 14.11: Fossil fuels consumption for aluminium and steel substrates**
**[58, ECCA, 2004]**

### 14.3.3 Emissions

#### 14.3.3.1 Emissions to air

[13, DFIU and IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [57, Rentz, et al., 1999].

Solvents are released as VOC emissions, especially during the process steps of coating (about 8 %), drying (about 90 %) and cooling with water and/or air (about 2 %)

In general, there are four main sources of air emissions in a typical coil coating line. These are:

- fumes (mist) from the conversion coating section if a dry in place or dipping application is not used
- paint/solvent fumes from the coaters and ovens
- fumes from the paint kitchen and mixing bays
- emissions from the cooling system. These can be point source emissions or fugitive.

Typical emissions to air are given in Table 14.12 below:

| Emission source | Species emitted |
|---|---|
| Oxidiser | VOC, CO, $NO_x$ |
| Finish oven air quench | VOC |
| Laboratory fume cabinet | Low level assorted fume |
| Occupational health vent from coating rooms | VOC |
| Pretreatment scrubber exhaust | Chromic acid<br>Potassium hydroxide<br>Sodium hydroxide |
| Pre-clean scrubber | Potassium hydroxide<br>Sodium hydroxide |
| HCl bulk tank scrubber | HCl fume |
| Flocculation tank fume | $SO_2$ |

**Table 14.12:Typical air emissions from coil coating processes (all are point sources) [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

Typical air emissions from point sources with abatement equipment are VOCs, and oxides of carbon and nitrogen.

The VOC and CO emissions for lines with abatement can vary depending on the product being produced. Those with high solvent loads can give rise to higher emission values than those with low solvent loadings. Thicker coatings (e.g. plastisols and laminates) can lead to lower emissions than thin coating layers.

The VOC levels from unabated release points can vary intermittently and at times may be >50 mg/m$^3$ due to intermittent localised activities within the coater house such as clean downs and tray cleaning. However, their volume in comparison with abated emissions is still very low, although the emissions will need to be reviewed on a site-by-site basis.

Industry wide, clean gas concentrations of <20 – 50 mgC/m$^3$ are achieved. Fluorides are not emitted from the organic paint systems, and blocked isocyanates are used in some coatings as this eliminates isocyanates emissions. Any emissions >50 mg/m$^3$ VOC are likely to breach the SED limits and therefore abatement would be required.

Table 14.13 shows some specific VOC emission values for different coating systems with an average coating thickness of 55 µm. The VOC content of the plant ovens is in the range 8.75 - 9.3 g/m$^3$, which is about 22 % of the 40 g/m$^3$ LEL.

A capture efficiency of 97 % of all VOC emissions that occur throughout the coil coating process can be achieved; resulting in 3 % fugitive VOC emissions. In the situation using a coating system with 50 % solvent content in combination with a removal efficiency of 99 % in the incinerator, about 0.04 kg solvents per kg of used coating solids are emitted.

| Coating system | Specific VOC emission (g/m$^2$ coated coil) | Abatement technique |
|---|---|---|
| **Solvent-based** | 0.73 – 0.84 | Incinerator connected to oven |
| **Solvent-based (50 wt-%)** | 28 – 29 [1] | None |
| **Powder coating** | 0 – 0.8 [2] | None |
| Notes:<br>[1] Concentration values achieved with no further abatement of the air stream<br>[2] VOC emissions relate to curing reactions rather than solvents | | |

**Table 14.13: Specific VOC emissions for several coating systems [13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

Other possible emissions may include isocyanates from polyurethane products and fluorides from coatings containing fluoride where emission levels are typically <0.1 mg/m$^3$.

#### 14.3.3.2 Emissions to water

[13, DFIU and IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2006]

The main source of waste water from a coil coating line is from the entry cleaning section and some pretreatment processes that require subsequent rinsing (e.g. passivation, chromatisation), and these are discussed in the STM BREF. Pretreatment processes, whether they contain chrome or not, may also be applied using the so-called 'no rinse method' (application by a roller technique). This method does not generate significant amounts of waste water. Pretreatment and cleaning solutions and their associated rinse-waters can either be treated at an on-site effluent treatment plant or taken off-site for treatment or disposal.

There are some emissions to the quench water used after curing in the primer and topcoat application, and after embossing but these are not particularly significant. As all paint systems require quenching, there are no differences in the quantities of waste water generated for the different paint systems, but there may be slight differences in the actual level/types of contaminants. The type of emissions from the cleaning and pretreatment sections for a steel coating line depends upon the metallic substrate and the chemical nature of the cleaning and pretreatment sections. Emissions may include zinc, aluminium, chromium, cobalt, iron, suspended solids, and acid or alkali causing pH variations. A source reported that copper and nickel may be also present. The organic coating used in the steel coating line may also have an influence on the components appearing in the waste waters.

#### 14.3.3.3 Waste

[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

The cleaning agents containing solvents are used for the cleaning of the coating devices. They are normally collected and treated for re-use. The amount of used solvents in a plant is about 7000 kg/yr. Paint residues are generated in small amounts and are disposed of or re-used for coating the coil's reverse side.

The amount of crystalline iron sulphate from the galvanising process in a plant is about 4000 kg/yr and is externally re-used in smelting processes. The amount of zinc hydroxide is about 7000 kg/yr and this is also re-used in smelting processes.

General (non-hazardous waste) is normally collected in waste containers of varying sizes and design located throughout the plant, and, depending on the contents of the container, is taken to a variety of locations for disposal. General waste includes, for instance, waste packaging material and general rubbish.

Hazardous waste materials are usually tankered off site for disposal or recovery. These can include solvents, paints, contaminated wipes, oils and any other hazardous materials. A suitable recycle/disposal route is normally identified for the material and the necessary checks are made to ensure that the material is passed to a licensed facility. A registered waste carrier is used to transport the material. The necessary transfer note or special waste consignment note is completed and accompanies the waste.

Table 14.14 indicates some characteristics of the main wastes arising from a coil coating process and the recycling or disposal route.

| Process plant source | Waste or by-product | Recycling or disposal route | Physical state |
|---|---|---|---|
| Scrap metal | Scrap metal | Recycled | Solid |
| Coating | Waste paint | Licensed removal | Liquid |
| | Used solvent | Licensed removal | Liquid |
| | Waste pretreatment | Treatment plant/licensed removal | Liquid |
| | Alkali cleaners, acid cleaners | Treatment plant/licensed removal | Liquid |
| | Rinse-waters | Treatment plant/licensed removal | Liquid |
| | Quench waters | Surface water/sewer | Liquid |
| General | Oil contaminated materials | Licensed removal | Solid |
| | General waste (including packaging) | General waste to landfill | Solid |
| | Waste paper (office) | Recycled by licensed contractor | Solid |
| | Waste engineering oil | Licensed removal | Liquid |

**Table 14.14: Typical wastes from a coil coating line process**
**[58, ECCA, 2004]**

**Scrap metal**
Generally process scrap metal can be recycled or re-used. The amount of scrap metal produced during the process will largely depend on the width and gauge of the substrate being used, and hence is not normally directly correlated to the paint system being manufactured. Aluminium is recovered by remelting in special ovens, where recovery is achieved using energy equivalent to just 5 % of the energy used in its original manufacture. Steel scrap is generally recovered by charging scrap metal, including painted products, into the basic oxygen steelmaking vessel as a raw material. Studies have shown that plastisol coated steel can also be recycled in this way, with no adverse effect on the emissions from the process. The coating generates energy in return when the steel/aluminium strip is remelted.

## 14.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für die Bandbeschichtung zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Bandblechbeschichtung anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können auch bei der Bandblechbeschichtung angewendet werden. Tabelle 14.15 zeigt die allgemein bei der Bandblechbeschichtung relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für die Bandblechbeschichtung (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [142, EGTEI, 2005].

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 14.15: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

## 14.4.1 Wassermanagement

#### 14.4.1.1.1 Wiederverwendung von Wasser innerhalb der Anlage

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.4.1.2. Diese Technik ist weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie.
[58, ECCA, 2004]

#### 14.4.1.1.2 Überwachung des Spülwassers vor dem Ableiten durch Leitfähigkeitsmessungen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.4.1.4. Diese Technik ist weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie.
[58, ECCA, 2004]

### 14.4.1.2 Gegenstromkaskadenspülen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.4.1.3. Diese Technik ist weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie.
[58, ECCA, 2004]

## 14.4.2 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungen

**Beschreibung:** Die Mehrzahl der Bandbeschichtungslacke sind lösemittelbasiert mit einem Lösemittelgehalt von weniger als 10 % bis zu mehr als70 % für einige spezielle Zwecke. Die emittierten VOC-Emissionen werden gefasst und behandelt. Für weitere Details siehe Abschnitt 20.7.2.1, Tabelle 14.4 und Tabelle 14.5.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

### 14.4.3 Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungen (Substitution)

#### 14.4.3.1 Highsolid-Beschichtungen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.2. Es werden Highsolid-Beschichtungssysteme mit einem Festkörpergehalt von 70 – 95 % bei der Bandblechbeschichtung angewendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Minderung von abzusaugenden VOCs stellt geringere Anforderungen an die Behandlungsanlage. Eine geminderte Lösemittelbeladung im Trockner kann zu einem geringeren abzusaugenden Abluftstrom oder einer erhöhten Durchlaufgeschwindigkeit für bestimmte Abluftkonzentrationen führen. Das mindert die notwendige Gasmenge bei der Verbrennung, mindert die verwendete Lösemittelmenge und verringert den Volumenstrom.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Minderung von Lösemitteldämpfen im Abgasstrom kann die notwendige Gas-/Brennstoffmenge bei der Verbrennung erhöhen und/oder mindert die zurückgewonnene Energie für das Vorheizen der Ofenluft.

**Betriebsdaten:** PVC Plastisol-Beschichtungen enthalten generell weniger als 10 % Lösemittel. Diese stellen ungefähr 15 % der Bandbeschichtungsdecklackschichten dar, sie werden aber mit einer viel dickeren Schicht aufgetragen. Es gibt einen Trend zur Minderung des Lösemittelgehaltes in anderen Beschichtungschemikalien in Abhängigkeit von den Auftragseigenschaften und den Güteanforderungen an das fertige Produkt

**Anwendbarkeit:** Sie sind nicht für alle Anwendungen geeignet. High-Solid-Alternativen stehen nicht zur Verfügung, da sie die Güteanforderungen für viele Bandblechendanwendungen nicht erfüllen. Die Verwendung der High-Solid Technologie ist begrenzt möglich wegen der Auftragseigenschaften und der Leistungsanforderungen.

**Wirtschaftlichkeit:** Beschichtungen mit einem höheren Festkörperanteil erfordern beim Auftrag eine reduzierte Dicke des frischen Lackes, um die gleiche Schichtdicke der trockenen Schicht zu erhalten - das führt zu höheren Belastungen der Auftragsrollen und kann höhere Wartungskosten verursachen und erhöhte elektrische Energie beim Bewegen des Rollersystems.

**Gründe für die Einführung:** Geminderte Lösemittelbeladung im Ofen kann höhere Durchlaufgeschwindigkeiten gestatten - erhöhte Effizienz, geringerer Energieverbrauch. EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002], [58, ECCA, 2004]

#### 14.4.3.2 Wasserbasierte Lacke

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.3. Wasserbasierte Lacke/Beschichtungen enthalten wasserverdünnbare oder wassermischbare Harze, die gewöhnlich auf Polyester-, Acryl-, Melamin- oder Epoxydharz basieren. Die meisten gegenwärtig erhältlichen wassermischbaren Lacke enthalten bis zu 20 % organische Lösemittel als Mischung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eliminierung oder bedeutende Minderung von Lösemittelemissionen aus dem Beschichtungssystem. Der Auftrag von wasserbasierten Beschichtungssystemen stellt eine generelle Möglichkeit der Minderung von VOC-Emissionen dar.

**Medienübergreifende Effekte:** Durch den Lösemittelgehalt von rund 20 % und die hohe Jahresfracht wird eine Abgasbehandlung benötigt mit einem relativ hohen Energieverbrauch.

Wasser hat eine höhere Verdampfungsenergie als organische Lösemittel, demzufolge benötigen wasserbasierte Lacke einen höheren Energieeinsatz im Härteofen. Außer, wenn sie absolut lösemittelfrei sind, wird immer noch eine Abgasbehandlung benötigt, aus der zusätzlich ein hoher Gasverbrauch resultieren könnte. Wasserbasierte Systeme können Schwierigkeiten bei Reinigungsvorgängen an der Rollenanlage machen, da sie stärkere Reinigungsmittel als bei lösemittelbasierten Beschichtungen erfordern.

**Betriebsdaten:** Wasserbasierte Systeme nutzen gewöhnlich Amine zur pH-Stabilisierung. Versuche mit diesen Aminen in einer Firma haben zu bedeutenden Problemen beim Arbeitsschutz geführt.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Systeme sind für eine große Reihe von Anwendungen nicht nutzbar. Wasserbasierte Lacke überschreiten nicht den gegenwärtigen Gesamtlackverbrauch bei der Bandblechbeschichtung von 0,2 % in Westeuropa. Wenn wasserbasierte Beschichtungen verwendet werden, ist der Auftrag meistens begrenzt auf die Grundierung und auf die Rückseite oder Bodenbeschichtung. Wasserbasierte Beschichtungssysteme wurden in einigen Bandbeschichtungslinien über viele Jahre verwendet, sind aber für eine große Reihe von Endverbraucheranforderungen nicht nutzbar. Sie können auf Linien mit einem begrenzten Produktprofil genutzt werden, wo die spezielle Entwicklung von Mischungen die Güteanforderungen erfüllt.

**Wirtschaftlichkeit:** Wasserbasierte Beschichtungssysteme führen nicht zu großen Kostenerhöhungen, es können aber Korrosionsprobleme bei der Lagerung, an den Pumpen, an den Beschichtungsanlagen und im Trockner sowie bei der Abluftführung auftreten. Der Ersatz von Anlagenteilen durch rostfreie Stahlalternativen ist normalerweise teurer.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Eine Anlage in Österreich.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

#### 14.4.3.3 Pulverbeschichtungen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.6. Das Beschichtungssystem, bestehend aus fein gekörntem Pulver, basiert allgemein auf Polyesterharzen. Die Pulverteilchen werden normalerweise in Spritzpistolen oder einer Nebelkammer elektrisch geladenen und dann vom geerdeten Metallband angezogen, wenn es vorbeiläuft. Die chemische Vorbehandlung der Oberfläche ist so ähnlich wie beim Auftrag von lösemittelbasierten Produkten. Trocknen und Härten wird typischerweise durch eine Kombination von Infrarot und heißer Umluft durchgeführt. Es werden Objekttemperaturen von 180 - 250 °C erreicht. Der Trockenprozess ist gewöhnlich nach 1,5 bis 2 Minuten abgeschlossen. Der Auftrag erfolgt generell auf einer Seite des Bandes mit einer Schicht und einer typischen Schichtdicke von 50 bis 60 µm.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine komplette Elimination der Lösemittelemissionen aus dem Beschichtungssystem. Der Gasverbrauch kann gemindert werden, da eine Abgasverbrennung nicht mehr notwendig ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Aufgrund der Schichtdicke wird die Menge an verwendetem Beschichtungsmaterial zunehmen. Die Entstehung von Reaktionsprodukten im Trockenofen erzeugt Gerüche während der Aushärtung und der Reaktion des Pulvers, das kann die Anwendung einer Abgasreinigungstechnik notwendig machen.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** die Bandgeschwindigkeit ist beim Pulverauftrag, dem Schmelzen, der Reaktion, dem Fließen und Härten (begrenzt auf 15m/min) stark vermindert. Es gibt nur eine begrenzte Anzahl von Beschichtungspulverqualitäten, die in dieser kurzen Zeit aufgebracht und gehärtet werden können. Gegenwärtige Technologien können noch keinen gleichmäßigen Pulverüberzug bei einer Schichtdicke von weniger als 30 µm erreichen. All diese Einschränkungen bedeuten, dass ein Wechsel zur Pulverbeschichtung zurzeit für konventionelle Anlagen nicht praktikabel ist. Diese Technik wird speziell im Bausektor verwendet, z.B. für flache Paneele, Fensterrahmen, Sanitärzellen und in der Blechverarbeitungsindustrie (Computergehäuse und anderes). Sie wird auch für kleinvolumige Nischenprodukte verwendet. Doppelseitige Pulverbeschichtungen sind bei Bandblechlinien immer noch problematisch.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Produktionskosten sind im Vergleich zu Flüssigbeschichtungsprozessen höher durch die starken Geschwindigkeitsbeschränkungen und die Schwierigkeiten bei der Steuerung der aufgebrachten Schichtdicke.

**Gründe für die Einführung:** Eliminierung von Lösemitteln.

**Beispielbetriebe:** Es gibt in Europa einige Beschichtungsanlagen mit Vollbreite für Aluminium- und Stahlbänder.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 14.4.3.4 Folienbeschichtung

**Beschreibung:** Für einige spezielle Endanwendungen werden lösemittelfreie und feste Polymerschichten in Bandbeschichtungsanlagen aufgebracht. Diese Schichten können auf einer Reihe von Polymeren basieren, einschließlich:

- PVC (Polyvinylchlorid)
- PVF (Polyvinylfluorid)
- PET (Polyethylenterphthalat)
- Acryle
- Polypropylen.

In einigen Fällen können die Filme farbig oder opaque (semitransparent) sein und können mit gedruckten Mustern verziert sein. In anderen sind es durchsichtige Schichten mit speziellen Eigenschaften, wie Härte, Fleckschutz usw. In den meisten Fällen wird die Schicht auf den frischen Basislack oder die Haftschicht aufgetragen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eliminieren von Lösemittel aus einer Schicht des Beschichtungssystems zur Verminderung von Lösemittelemissionen in die Luft.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Polymerschicht wird extern mittels Extrusion oder Kalandrieren hergestellt.

**Betriebsdaten:** Die Filme werden mit einer Andruckrolle auf die vorgeheizte Schicht einer geeigneten Basislack-/Haftschicht normalerweise sofort im Anschluss an den Trockner aufgebracht.

**Anwendbarkeit:** Allgemein bei ganz spezifischen Endverbrauchereigenschaften.

**Wirtschaftlichkeit:** Teurer als konventionelle flüssige Beschichtungen.

**Gründe für die Einführung:** Produktvorschriften und Innovationen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

### 14.4.4 Beschichtungsauftragstechniken und Versorgungstechniken

#### 14.4.4.1 Walzenauftrag

**Beschreibung:** Bei modernen Beschichtungslinien dominiert der Walzlackierprozess den Auftrag von flüssigen Beschichtungen.

Eine Gruppe aus zwei oder drei Walzen dient zum Aufnehmen (pick up), Dosieren (meter) und Auftragen (apply) des Lacks bei hoher Geschwindigkeit auf das sich bewegende Band. Walzenrichtung, Rotationsgeschwindigkeit, Abstände und Drücke werden so eingestellt, dass Schichtdicke und die Transporteigenschaften und das Fließen des flüssigen Lacks optimiert sind.

Die Effizienz beim Auftrag ist sehr hoch, Verluste treten nur durch Materialreste in Behältern und Zuleitungen am Ende eines Produktdurchlaufes auf. Diese werden normalerweise in den Originalbehälter zur Verwendung bei späteren Gelegenheiten zurückgeleitet. Nach dem Entleeren werden letzte Spuren des Lacks auf den Walzen entfernt, und die Aufnahmeeinheit (pick-up tray) wird mit Lösemittel-imprägnierten Tüchern gereinigt.

Die Beschichtungsanlage ist normalerweise eingehaust, um die Freisetzung von organischen Lösemitteldämpfen in die Betriebsräume zu minimieren. Die Räume, in denen beschichtet wird, sind durch eine Belüftung (mit einer Belüftungsrate, die zufriedenstellende Arbeitsbedingungen zu jeder Zeit des Betriebes in diesen Räumen sichert), mit der Umgebung des Gebäudes verbunden.

Die Auftragswalzen haben im Allgemeinen eine dicke dehnbare Polyurethanbeschichtung, die beschädigt werden kann, und dann mittels Drehmaschine erneuert werden muss. Letztendlich muss die Schicht durch einen Fachlieferanten/ Kontraktor erneuert werden. Die Aufnahme- und Dosierwalzen sind gewöhnlich aus Stahl und weniger anfällig für Beschädigungen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Sehr hoher Auftragswirkungsgrad, erreicht bis zu 100 % und minimaler Materialabfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Nahezu in allen europäischen Bandbeschichtungslinien.

**Wirtschaftlichkeit:** Hohe anfängliche Kosten, aber als Industriestandard etabliert.

**Gründe für die Einführung:** Sehr hoher Auftragswirkungsgrad und deshalb minimaler Materialabfall.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

#### 14.4.4.2 Reinigen der Auftragsgeräte/- Ausrüstungen

**Beschreibung:** In Bandbeschichtungsbetrieben gibt es zwei anerkannte Methoden zur Reinigung von Maschinenteilen und -apparaturen:

- jede Reinigung erfolgt insitu, d.h. im Beschichtungsraum/-gebäude
- insitu-Reinigung fest installierter Apparaturen, bewegliche Dinge wie Lackbehälterpumpen und Rührer werden entfernt und zu einer zusätzlichen Reinigungsstation gebracht.

Wenn eine manuelle Reinigung der Anlage und Anlagenteile erfolgt, werden dazu mit Lösemittel imprägnierte Tücher verwendet. Schmutzige Einwegtücher werden in verschlossenen Behältern gesammelt und durch Verbrennung entsorgt. Wieder verwendbare schmutzige Tücher werden auch in verschließbaren Behältern gesammelt und gewöhnlich gewaschen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Örtliche Absaugung hin zu Trockner-/Abgasbehandlungsanlagen mindert die diffusen Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Einige, aber nicht alle Beschichtungshallen sind mit örtlicher Absaugung ausgestattet, die in den Trockner/eine Abgasbehandlungsanlage einleitet, der Rest wird zur Außenluft geleitet. Wo eine Zusatzreinigungseinheit verwendet wird, wird die Abluft generell behandelt. In anderen Fällen wird die gesamte Abluft aus den Beschichtungshallen zur Außenluft geführt, da allgemein die Installation einer Behandlungsanlage als unpraktische Option angesehen wird, weil die Luftvolumina aus Arbeitsschutzgründen sehr groß sind und nur geringe Emissionskonzentrationen aufweisen. Verglichen mit den Emissionen aus Trocknern/Öfen sind die Emissionen aus den Beschichtungshallen als unbedeutend anzusehen.

**Anwendbarkeit:** Die Praktikabilität der Nachrüstung einer lokalen Absaugung in Beschichtungsräumen wird vom Alter, der Bauart und der Kapazität der Kombination aus Härten (Trocknen) und der Behandlungsanlage abhängig sein.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten werden von einem vorhandenen Absaugsystem und der Kapazität der Abgasbehandlungstechnik abhängen. Ein Nachrüsten kann deshalb sehr teuer sein.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

### 14.4.5 Konversionsschichten

Konversionsschichten einschließlich der Chrom-(VI)-Konversions- und Substitutions- und Minderungstechniken sind im BVT-Merkblatt für die Oberflächenbehandlung von Metallen diskutiert(STM BREF) [59, EIPPCB, 2006].

#### 14.4.5.1 Chromhaltige Konversionsschichten

Siehe Abschnitt 20.7.1.2.3.

#### 14.4.5.2 Chromfreie Konversionsschichten

Siehe Abschnitt 20.7.1.2.4

### 14.4.6 Auftrag von Konversionsschichten

Sechswertige Chrom-Konversionschichten und damit verbundene Techniken werden im STM BREF diskutiert [59, EIPPCB, 2006].

#### 14.4.6.1 'Spritz-, Rakel-und Gieß-' auftrag

**Beschreibung:** Für alle Produkte auf allen Substraten, auf die mittels Spritzen oder Tauchen aufgetragen wird, kommt eine konventionelle Vorbehandlung zur Anwendung. Der Spritzauftrag erfolgt in geschlossenen Kabinen. In allen Fällen ist ein weiterer Wasserspülschritt unabdingbar.

Eisenphosphatierprodukte für kaltgewalzte Stahlbänder werden gemeinsam mit einer chromhaltigen Nachspülung verwendet. Die alkalischen Konversionsschichten (Kobalt-haltig) in Kombination mit einer nachfolgenden Chromspülung erzeugen eine exzellente Lackhaftung und guten Korrosionsschutz auf Zink- oder Zinklegierungs-beschichteten Substraten. Beide Techniken werden seit vielen Jahren in Bandbeschichtungslinien auf der ganzen Welt angewendet.

Außerdem ist das Chromatieren von Zink-beschichteten Bändern oder Aluminiumbändern ein üblicher Prozess der konventionellen Oberflächenbehandlung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird eine hohe Strapazierfähigkeit erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Diese Technik hat einen hohem Verbrauch an Oberflächenbehandlungschemikalien. Es besteht eine hohe Verschleppung, die das Spülwassers verschmutzt und folglich Abwasserbehandlung erfordert und zusätzlichen Abfall erzeugt.

**Betriebsdaten:** Die Prozesstemperatur liegt zwischen Raumtemperatur und rund 70 °C. Der angewendete Spritzdruck beträgt zwischen 0.5 and 2 bar.

**Anwendbarkeit:** Dies ist eine gut bekannte und allgemein angewendete Technologie, sie erfordert aber unbedingt eine Kontrolle der Prozesschemie.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Ist eine gut bekannte und sichere Technologie.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

#### 14.4.6.2 'No rinse-Verfahren oder Vor-Ort-Trocknen

**Beschreibung:** Die 'no rinse'- oder 'dry in place'-Technologie zum Aufbringen von Konversionsschichten erfordert kein weiteres Spülwasser. Es trägt die Vorbehandlungsprodukte mittels Walze oder Rakel auf die Bandoberfläche auf. Es ist kein Chromat in der Luft nachweisbar, da es eine Aerosolbildung verhindert. Ohne jegliches Spülen trocknet der feuchte Film vor Ort unter Verwendung von IR-Strahlung oder Wärmekonvektion und wird direkt anschließend lackiert. Diese Art von Prozess begrenzt die Durchlaufgeschwindigkeit im Vorbehandlungsabschnitt nicht (keine Reaktionszeit) und benötigt keine Spülschritte nach dem Vorbehandlungsabschnitt und erzeugt nur sehr wenig Abwasser. Ein anderer Vorteil im Vergleich zu konventionell gespülten Produkten ist ihre Eignung für Vorbehandlung mit mehreren Metallen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Technik erzeugt sehr wenig Abfall, wohingegen die zuvor genannte Technik (siehe Abschnitt 14.4.6.1) größere Mengen an Abfall erzeugt. Auch der Chemikalienverbrauch ist wegen des nahezu 100%-igen Auftragswirkungsgrades und der Materialausnutzung viel geringer im Vergleich zu der anderen Technik. Ein Überlauf für Abwasser als auch jegliche Abgasbehandlungstechnik sind überflüssig.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Enthält eine Konversionsschicht Chrom, so schließt eine Behandlung generell die Reduzierung der Oxidationsstufe des Chroms von (VI) auf (III) ein, das macht eine Deponierung weniger gefährlich.

Die Wasserqualität beim letzten Spülen vor dem Auftrag der 'no-rinse'-Konversionsschicht muss streng durch Leitfähigkeitsmessungen überwacht werden.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet in einigen Teilen Europas. Die Auftragstechnik gilt als gut bekannt und bewährt.

**Wirtschaftlichkeit:** Es treten Investitionskosten für die Auftragseinheit auf. Einsparungen werden erreicht, durch geringen Verbrauch an Chemikalien zur Oberflächenbehandlung, und es muss viel weniger Wasser behandelt werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

## 14.4.7 Trocknen

### 14.4.7.1 Konvektionstrocknen oder Härten

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.1. Gasbetriebene Umluft-trockner werden allgemein bei Temperaturen von rund 350 ºC betrieben, das Abgas wird abgesaugt und einer Behandlungsanlage zugeleitet. Das Verwenden von Wärmetauschern erlaubt ein Vorheizen der Frischluft bis zu einer maximalen Temperatur von 400 ºC.
[58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

### 14.4.7.2 Strahlungshärteprozesse

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2. Es ist keine kommerzielle Anwendung bei der Bandbeschichtung bekannt, aber siehe 'Techniken in Entwicklung' Abschnitt 22.14.2.
[58, ECCA, 2004]

## 14.4.8 Abgasbehandlung

### 14.4.8.1 Abluftabsaugung aus Konversionsschichtanlagen

Werden chromhaltige Konversionsschichten aufgetragen (siehe Abschnitte 14.4.5.1 und 14.4.6), wird der Sprühnebel aus dem Auftrag und der Trocknung der Konversionsschicht abgesaugt und einem Abgasbehandlungssystem zugeleitet, wie z.B. einem Nasswäscher (siehe Abschnitt 20.11.3.8). Siehe STM BREF für Details der Techniken und BVT.
[128, TWG, 2005]

#### 14.4.8.2 Abdichtungen am Eingang und Ausgang der Öfen/Trockner

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2.2. Diese Technik wird allgemein in der Bandblechbeschichtungsindustrie angewendet.
[58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

#### 14.4.8.3 Trocknen mit Unterdruck

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2.3. Diese Technik wird allgemein in der Bandblechbeschichtungsindustrie angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

#### 14.4.8.4 Abluftabsaugung bei der Vorbereitung der Beschichtung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2.4.

**Beschreibung:** Lacke werden durch Rühren vorbereitet, um sicher zu stellen, dass alle abgesetzten Pigmente gut durchmischt sind und dass der Lack die richtige Viskosität für den Auftrag hat. Lösemittelhaltige Rohstoffe werden z.B. gemischt, um eine bestimmte Viskosität oder Farbe zu erhalten. In Bandbeschichtungsbetrieben findet das Mischen und Rühren entweder in der Beschichtungshalle/-raum oder in einem separaten Raum, der oft als Farbküche bezeichnet wird, statt. Allgemein sind Beschichtungshallen mit örtlicher Absaugung ausgerüstet. Die abgesaugt Luft wird in den Trockner/ das Abgasbehandlungssystem geleitet, ein Überschuss wird an die Außenluft abgegeben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von VOC-Emissionen aus der Beschichtungshalle/ Farbküche.

**Medienübergreifende Effekte:** Um sichere Arbeitsbedingungen und geringe VOC-Gehalte im Reingas zu erreichen, benötigt man große Mengen an Energie zur Behandlung (z.B. Gas).

**Betriebsdaten:** Aus Arbeitsschutzgründen wird in manchen Anlagen die Luft aus den Beschichtungshallen bei großen Volumina und geringen Emissionskonzentrationen direkt zur Außenluft geleitet. Das Installieren einer Behandlungsanlage wird allgemein als unpraktische Option in diesem Falle angesehen.

Verglichen mit Emissionen aus Öfen/Trocknern, werden die Emissionen aus den Beschichtungshallen als unbedeutend angesehen.

**Anwendbarkeit:** Die Praktikabilität der Nachrüstung einer lokalen Absaugung in Beschichtungsräumen wird vom Alter, der Bauart und der Kapazität der Kombination aus Härten (Trocknen) und der Behandlungsanlage abhängig sein.

**Wirtschaftlichkeit:** Ist bei bestehenden Bandbeschichtungslinien eine zusätzliche Abgasbehandlungskapazität erforderlich, können die Kosten hoch sein.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

#### 14.4.8.5 Abluftabsaugung an der Lackauftragsstation

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2.4.

**Beschreibung:** Die Lackauftragsstation ist eingehaust (siehe Abschnitt 20.11.2.1), und ein Teil oder die gesamte abgesaugte Luft wird in den Trockner eingesogen und einer Abgasbehandlungsanlage zugeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Rund 8 % des verarbeiteten Lösemittels werden als VOC-Emissionen aus den Lackauftragskabinen durch Verwenden dieser Technik erfasst und behandelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wir allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [58, ECCA, 2004]

#### 14.4.8.6 Abluftabsaugung aus dem Ofen/Trockner

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2.5.

**Beschreibung:** Das Trocknen/Härten wird bei der Bandblechbeschichtung in Öfen/Trocknern, die mit einer Abgasbehandlungsanlage verbunden sind, durchgeführt, z.B. Anlagen zur thermische Nachverbrennung (siehe Abschnitt 20.11.4.2).

**Erreichte Umwelteffekte:** Bis zu 2 % der verarbeiteten Lösemittel werden als VOC-Emissionen im Ofen/Trockner freigesetzt. Diese werden gesammelt und zur Abgas-behandlungsanlage transportiert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Der VOC-Gehalt im Ofen einer Beispielanlage liegt im Bereich von 8.75 - 9.3 g/m$^3$, das sind ungefähr 22 % der UEG (unteren Explosionsgrenze) (40 g/m$^3$).

Der Abgasstrom wird kontinuierlich gemessen. Die Konzentration der VOCs im Ofen/Trockner kann gemessen werden. Die Qualitätskontrolle des Endproduktes garantiert, dass sich alle Lösemittel aus dem Lack verflüchtigt haben.

**Anwendbarkeit:** Dies wird allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

#### 14.4.8.7 Abluftabsaugung aus der Kühlzone

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.2

**Beschreibung:** Nach den Härten wird das Band normalerweise mit Sprühwasser gekühlt. Der Bereich, wo das Band gekühlt wird, ist geschlossen und mit einem dezentralen Abluftventilator ausgerüstet. Das lösemittelhaltige Abgas wird anschließend zur Abgasbehandlungsanlage geleitet, z.B. Anlage zur thermischen Nachverbrennung. Das Wasser wird gekühlt und recycelt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Ungefähr 2 % oder weniger der eingesetzten Lösemittel werden als VOC-Emissionen in der Kühlzone freigesetzt. Durch den Trocknerbetrieb mit Unterdruck werden die Lösemittelemissionen minimiert.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Energieverbrauch zu Behandlung der Abluft mit geringen Lösemittelkonzentrationen ist bedeutend.

**Betriebsdaten:** In einigen Fällen wird der erste Schritt der Bandkühlung mit hohem Volumen von eingeblasener Luft erreicht.

**Anwendbarkeit:** Absaugung von lösemittelhaltiger Luft aus diesem Prozess ist allgemein üblich. Die Luft wird aber üblicherweise nicht in einer Behandlungsanlage behandelt, da das mit einem großen Gasverbrauch verbunden ist. Diese Energie ist notwendig, um große Volumina abgesaugter Luft mit geringer Konzentration zu behandeln.

Wasserkühlung wird allgemein bei der Bandblechbeschichtung angewendet. Luftkühlung wird in einigen Sonderfällen eingesetzt, abhängig vom Markt und der Qualität der Produkte (aber üblich in der Aluminium-Bandblechbeschichtungsindustrie).

**Wirtschaftlichkeit:** Mit hohen Kosten verbunden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

#### 14.4.8.8 Rekuperative thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.3. Rekuperative thermische Nachverbrennung wird allgemein in der Bandblechbeschichtungsindustrie in Europa seit den 1970er Jahren angewendet.
[58, ECCA, 2004]

#### 14.4.8.9 Regenerative thermische Nachverbrennung – Doppelbett

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.4. Diese Technik wird allgemein in der Bandblechbeschichtungsindustrie in Europa seit den 1990er Jahren angewendet.
[58, ECCA, 2004]

### 14.4.9 Abwasserbehandlung

#### 14.4.9.1 Behandlung des Spülwassers vor dem Ablauf

**Beschreibung:** Prozesswässer werden gewöhnlich in einer Abwasserbehandlungsanlage mit einer Folge von Prozessschritten behandelt. Gelöste Metalle im Spülwasser werden ausgefällt, z.B. durch Einsatz von Kalk oder Natriumhydroxid (siehe Abschnitt 14.4.9.3). Die Flüssigkeit wird anschließend über eine Filterpresse geleitet, um die Feststoffe von den flüssigen abzutrennen. Einige Chemikalien können sehr effektiv gehandhabt werden, indem man sie separat vor dem Mischen mit anderen Abläufen behandelt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bei einigen Substanzen ist eine Behandlung und Entfernung von Verunreinigungen nur nach einer separaten Behandlung möglich. Das Verwenden von Abfallalkalilösungen (z.B. zum Entfetten) zur Neutralisierung von sauren Abfalllösungen spart Chemikalien ein.

**Medienübergreifende Effekte:** Sind vom jeweiligen Fall abhängig.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Bei jedem Ableitpunkt des Prozesses sollte man berücksichtigen, ob eine Behandlung des Teilstromes nicht vorteilhafter separat erfolgt, bevor er mit anderen Abläufen zur späteren Behandlung gemischt wird.

Beim Verwenden von Abfallalkalilösung zur Neutralisierung von Säuren, können weitere Chemikalien zur Einstellung eines passenden pH-Wertes vor Einleitung in eine Flockungsanlage erforderlich sein.

**Wirtschaftlichkeit:** Investitions- und Behandlungskosten können durch separate Behandlung von einzelnen Abwasserströmen erheblich gemindert werden.

**Gründe für die Einführung:** Die spezifische Prozesschemie wird bestimmen, welche Chemikalien einer separaten Behandlung bedürfen. Getrennte Abwasserbehandlung kann effizienter und kostengünstiger sein.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004] [59, EIPPCB, 2006]

#### 14.4.9.2 Behandlung Chromat-haltiger Abwässer

**Beschreibung:** Sechswertige Chromverbindungen (Chromate oder Dichromate) sind schwierig abzuscheiden und werden normalerweise zu dreiwertigem Chrom reduziert, welches nachfolgend als Chrom(III)Hydroxid über Neutralisation abgeschieden werden kann. Die Reduzierung erfolgt bei einem pH-Wert von unter 2,5. Das am häufigsten verwendete Reduktionsmittel ist Natriumhydrogensulfit (Bisulfit).

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduktion und Entfernung von Chrom (VI). Allgemeine Werte von <0.1 mg Cr(VI)/l werden erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Man sollte vorsichtig mit Natriumhydrogensulfit sein (Bisulfit), da SOx-Dämpfe gebildet werden. Es kann eine Arbeitsplatzabsaugung erforderlich sein.

**Betriebsdaten:** Wenn nur kleine Mengen von Chrom (VI) bei hohem pH-Wert vorhanden sind, kann die Reaktion auch im alkalischen Bereich mit Natriumdithionit oder Eisen(II)Verbindungen stattfinden, wobei die Bildung des Salzes durch Ansäuern nicht notwendig ist, wenn man Eisen(II)Verbindungen benutzt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist weit verbreitet. Chromathaltige Ströme müssen separat vorbehandelt werden, bevor sie miteinander gemischt oder mit anderem Abwasser vermischt werden. Die Chromatreduzierung erfolgt bei pH-Werten <2.5. Um den Verbrauch zusätzlicher Chemikalien zu begrenzen, kann saures Abwasser mit alkalischem Abwasser neutralisiert werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Abwassergesetzgebung**.**

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004] [59, EIPPCB, 2006]

#### 14.4.9.3 Hydroxidfällung

**Beschreibung:** Die Entfernung von Übergangsmetallen wird über Neutralisation und nachfolgende Fällung bei pH-Werten von 9 bis 11 durchgeführt. Man erhält eine Wasser-Feststoffmischung aus der Fällung. Wenn man eine Feinfiltration verwendet, können geringere Emissionswerte erreicht werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Entfernung von Übergangsmetallen aus dem Ablauf.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Absetztanks/-becken benötigen Platz und können teuer bei der Anschaffung sein. Saure Lösungen fällen gewöhnlich Schwermetalle als Hydroxide oder Phosphate aus. Wenn verschiedene Metalle zur gleichen Zeit im Ablauf anfallen, muss die Fällung von den Metallen, die schwieriger ausfällen, unterstützt werden.

Die Löslichkeit des Metalls steigt mit der Neutralsalzkonzentration. Metalle fallen teilweise in sehr feinen Partikeln aus, deshalb müssen Flockungsmittel zugegeben werden (Eisen(III)Chlorid, Kalk), und /oder Flockungsmittel (Polyelektrolyte) sind notwendig für eine bessere Abtrennung und Filtration.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist weit verbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten können erheblich sein.

**Gründe für die Einführung:** Abwassergesetzgebung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004] [59, EIPPCB, 2006]

# 15 COATING AND PRINTING OF METAL PACKAGING

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 15.1 General information

At a European level, the metal packaging sector comprises more than 260 sites employing more than 40000 people with annual sales of EUR 7000 million. The metal packaging industry converts raw materials into metal containers and components which are supplied to the packer/filler who in turn supplies the retailers.

Metal packaging is manufactured from steel and aluminium, and is commonly referred to as cans, pails and drums used for storage of products, protection and to facilitate transport. Metal packaging includes domestic containers of less than 25 litres capacity and industrial containers (drums) with more than 20 litres capacity. This packaging is used for a wide range of different products, for example:

- food, e.g. preserves, soups and drinks
- paint
- cosmetics
- pharmaceuticals
- chemicals
- oils
- tobacco
- lids for jars and bottles
- aerosols.

There are four key manufacturing processes that are carried out within this sector and one or more of these, together with associated sub processes, may be carried out within a specific installation. These are reflected in Table 15.1.

| Metal packaging manufacturing processes | Information |
|---|---|
| Two piece canmaking | • draw and wall iron (DWI) can manufacture. Coating and printing is mainly carried out by the dry offset process<br>• easy open end manufacturing. Spray coating is applied to steel ends |
| Metal packaging manufactured from flat sheet | • flat sheet coating and printing. Primarily roller coating and lithographic printing (wet offset)<br>• three piece can manufacture. Protective coating applied to the side seam<br>• end manufacture (non easy open ends and easy open ends). Sealant is applied to the curl of the end in preparation for assembly to the can |
| Impact extruded aluminium tube manufacture | • monobloc aerosols and collapsibles |
| Drums | • drum manufacture<br>• external and internal protective coating applied mainly by spraying but also roller coating and lithographic printing (wet offset) |

**Table 15.1: Overview of the metal packaging manufacturing techniques**
**[76, TWG, 2004]**

Table 15.2 gives an overview of the techniques used for coating and printing in the different sectors of the metal packaging industry.

| Surface to be treated | DWI | Sheet for ends, cans, components | Three piece cans | Components | | | Extruded aluminium tubes | Drums |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | NEOE | EOE | Caps/closures | | |
| 1) Coating (protection) | | | | | | | | |
| Roller | | | | | | | | |
| - All-over coating | x | x | x* | | | | x | |
| - Spot coating | | x | | | | | | |
| Spray | x | | x* | | x | | | x |
| 2) Printing (decoration) | | | | | | | | |
| - Dry offset | x | | | | | | x | |
| - Lithography (wet offset) | | x | | | | | | |
| 3) Compound lining (Sealing) | | | | x | x | x | | x |
| Typical applications | Drinks, food, aerosol | Intermediate product for fabrication of ends, cans, caps and closures | General line food, drinks, aerosol | Three piece cans | Two and three piece cans | Drinks food in conjunction with jars and bottles | Aerosol collapsible tubes for pharmaceuticals and cosmetics | Products from industry |
| Notes:<br>*side stripe<br>**NEOE**: non easy open ends; **EOE**: easy open ends; **DWI**: 2 piece cans | | | | | | | | |

**Table 15.2: Techniques used for coating and printing of metal packaging [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

## 15.2 Applied processes and techniques in the coating and printing of metal packaging

### 15.2.1 Two piece can manufacture (DWI)

Figure 15.1 shows the schematic production process for beverage cans.

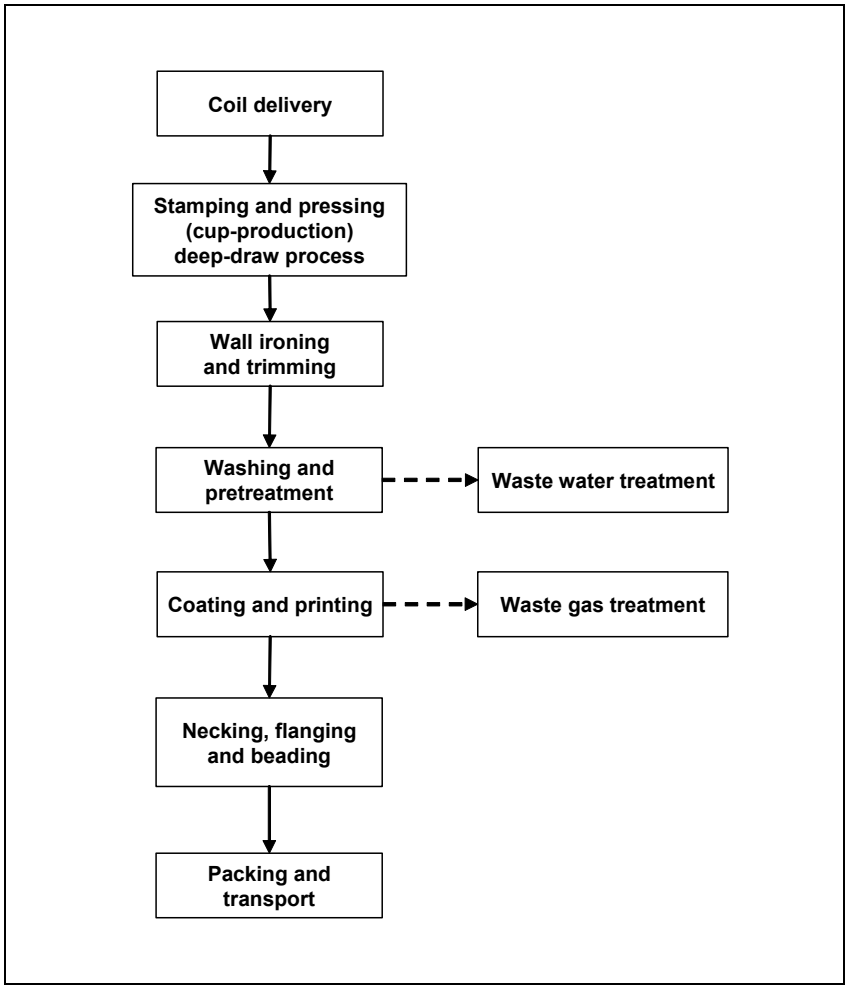


**Figure 15.1: Production process for beverage cans**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

The following generic description covers the manufacture of beverage cans, which normally carry an external printed design, and food cans, which are normally finished with a colourless clear external coating and not printed. The entire process including conveying between the process stages is fully automated.

Aluminium or packaging steel is supplied in continuous coil strips and fed automatically through a cupper, a mechanical press where blanks are stamped and deep drawn into cups. The cups are conveyed to the body makers, long stroke presses where the cup walls are elongated by wall ironing and the bottom profile is formed. Immediately after wall ironing, the excess metal of the can brim is trimmed off.

The metal forming operations use a waterborne synthetic lubricant plus a small amount of biocide, both subsequently removed in the cleaner. There is also the possibility of tramp hydraulic oil from the presses mixing with the lubricant. Excess lubricant is treated and re-used in a closed loop system. Scrap arising from the blanking and trimming operation is recovered.

Cans exiting the trimmer, which are loaded with lubricant and debris, are then cleaned. This process is different for aluminium and steel substrates. Steel cans are cleaned with mains water by passing spray stations in reverse cascade arrangement, then rinsed with demineralised water and finally dried in a natural gas fired oven. Aluminium cans are cleaned in a similar way. Additionally, to provide an etched surface needed for inking operations, aluminium cans are then pretreated using acid or alkaline aqueous solutions before rinsing with demineralised water. A mobility enhancer may be applied before the aluminium cans are finally dried in the oven.

Waste gas from the can cleaning and drying is emitted directly to the air via an exhaust stack. Excess water from the cleaning process can be recycled to substitute town water. There is a natural carryout of water via the wet cans entering the oven. Waste water from the aluminium cleaner is treated before discharge

Where cans should not be decorated, which is the normal case for food cans, a clear external protective coat is applied to the upturned can via a curtain coater, between the can cleaner and drying oven. The coated cans then have a period of drainage, before entering the oven to dry them and cure the external coating. The external wash coat system is a recirculating system with the process designed to collect as much of the excess coating as possible. Waste water from the can cleaner, deioniser unit and the wash coat is treated prior to discharge.

After cleaning, the cans are passed automatically for external decoration. This consists of either base coat and ink on top or ink and over-varnish on top. In the base coater, the can walls are coated with either a coloured or clear layer. The lacquer is applied via a roller offset process onto the rotating can. The cans are then fed through a thermal convection oven.

After the curing of the base coat, the cans are transferred to the decorator (printing machine) where the decoration is applied by using printing inks (typically containing 25 - 40 % organic solvents) in a dry offset process. If an over-varnish (typically containing 15 - 50 % organic solvents) is required, it is applied as a wet-on-wet organic solvent, directly after printing on the same machine by a roller offset process. Aluminium cans are usually coated on the external bottom rim by application rollers. This operation is carried out before entering the decorator oven where the rim varnish is cured together with the inks and the optional over-varnish.

The cans are then conveyed to the necker, which finishes the necks of the cans to accept the ends. The neck forming operation is supported by compressed air and small amounts of synthetic lubricants are used.

For rust protection, steel cans are usually spray coated on the external bottom prior to the inside spray application. This bottom coat dries at room temperature. The inside of the can is then coated with an airless spray technique with materials containing 15 - 20 % organic solvents. A set of nozzles sprays the lacquer into the rotating can such that the desired film weight distribution is achieved (typically a thickness layer of 5 - 15 µm). The cans are then passed through a thermal oven where both the inside lacquer and the bottom spray receive the final cure.

After each lacquering operation, the cans immediately pass gas fired multiple zone ovens at typical drying temperatures of 180 - 200 ºC. The emissions of the curing process are collected in a duct and exhausted by fans to the air or to abatement equipment. In general, the volatile gases created in the lacquer application machines are captured as well.

Finally, prior to palletising, all cans must pass through a light tester and camera for inspection. Any with potential damage are rejected.

Drying of the applied coating layers takes place in convectional driers at temperatures of 180 - 200 ºC. The waste gases containing VOC from driers and also coating application units are generally treated via regenerative, thermal combustion. The process heat can be used via heat exchangers, e.g. for the cleaning process.

### 15.2.2 Flat sheet coating and priming

Flat sheet coating and printing operations follow four key processes:

- internal coating (exceptions are: aerosols, food containers for non-aggressive products, promotional packaging)
- external base coat or size, however, conventional print can be directly applied to tinplate
- printing
- varnish or top coating.

Curing of solvent-based coatings and inks takes place in thermal ovens at rates of up to 8000 sheets per hour at temperatures of between 150 and 220 ºC. Speeds and temperatures are dependent on sheet sizes, thickness and the coating specification.

Flat sheet coating and printing is the first separate and distinct operation necessary for the subsequent operations for the manufacture of three piece and drawn cans, ends or caps and closures. Figure 15.2 shows the production process of flat metallic sheet.

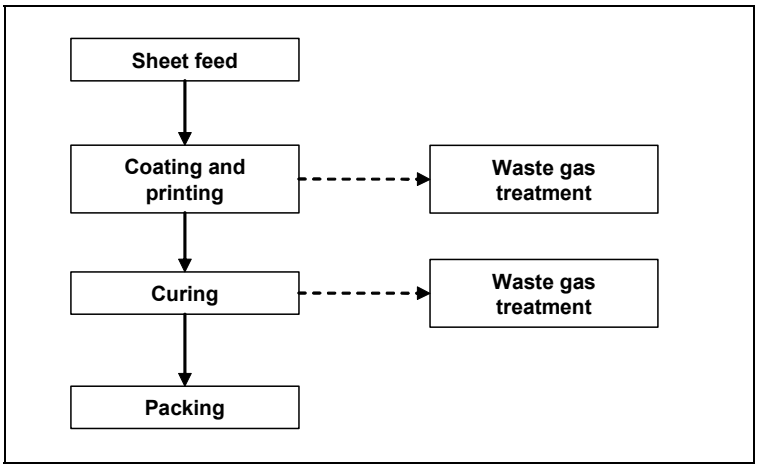


**Figure 15.2: Production process for flat metallic sheet**
**[76, TWG, 2004]**

The substrate materials used in the flat sheet printing and coating process are mainly tinplate, tin-free steel, blackplate or aluminium. The material is received either as stillages of precut sheets or as coils which have to be processed on-site into the cut sheets.

Metal sheets may pass through the printing and coating lines several times as several coating and decorative applications and curing passes are sometimes required. Internal can coatings, as required by the product being packed, are generally applied first. This can be followed by application of an external base coat, a printed design and an external varnish in various combinations as required by the finished product.

On the coating lines, the material required for the design is pumped from a reservoir at the machine up to the application rollers. The subsequent excess material is collected and returned to the reservoir. The film weight is accurately set on the coating machine as required by quality standards and measurements.

On the printing lines, ink is spooned onto the application rollers by hand. Any subsequent excess material is collected and returned to the container on completion of the production run. The application of the ink to the sheet is measured to ensure the minimal required application rate is applied to achieve the desired depth of colour. The printing techniques commonly used are offset lithographic, dry offset and, in some cases, a waterless lithographic process may be employed.

Periodic cleaning of the coating and print rollers is required to remove the build up of coating and ink constituents. Excess coating is removed from the bottom roller whilst the machine is running by a scraper, to prevent contamination of the underside of the sheet.

At changeovers, more thorough cleaning of the coating and printing machines is carried out using various organic solvents, including reclaimed solvents, either manually or automatically. The waste organic solvent is often distilled and reblended either on-site or off-site.

The coated or printed sheet is then transferred to the thermal curing oven where it is heated to the required curing temperature. VOCs from the organic solvent used in the materials applied are collected from the oven exhaust and machine hoods with ducts and exhausted by fans to the air or sent to abatement equipment.

Following this, the cured sheet is cooled by drawing outside ambient air through fans and ducts and blowing it over the sheets. This reduces the materials sticking together and the stack of sheets is rebuilt on stillages for subsequent transfer to the next stage of the process.

Where UV curing inks and coatings are used, UV lamps are used. This does not release VOCs but creates a low level of ozone which is exhausted to the air.

### 15.2.3 Three piece can manufacture

The production process for three piece cans is shown in Figure 15.3.

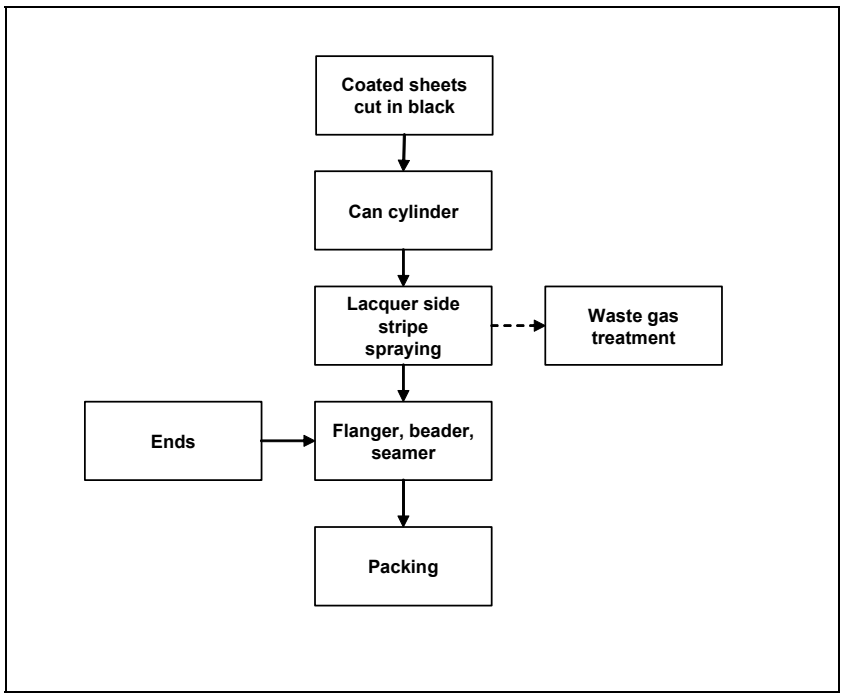


**Figure 15.3: Production process for three piece cans**
**[76, TWG, 2004]**

Three piece can manufacture covers diverse products such as food cans, paint cans, oblongs, and aerosols. Tinplate sheets coated and/or decorated, as described earlier in Section 15.2.2 under flat sheet coating and priming, are slit into individual body blanks. These body blanks are automatically fed into a welding machine that rolls the body blank into a tube and then welds it along its length to produce a straight-sided welded cylinder. During slitting, the excess tinplate is trimmed off and subsequently recycled. The welding rolls and welding head are water-cooled using chilled recirculating water. To ensure a quality weld, copper wire is fed over the internal and external weld rolls such that the entire length of each weld is produced using fresh copper wire as the electrodes. The used copper wire is chopped-up, collected and returned to the manufacturers for recasting. An alternative means of joining the side seam is by mechanical clinching. In some cases, the circular cylinders can be reformed into other shapes, e.g. rectangular.

Immediately after welding, and while still on the welding machine, the internal surface and external surface of the weld may have a protective coating applied depending on the specification of the three piece can being manufactured. This protective coating is called a side stripe and may either be an organic solvent-based, a water-based or a powder coating, depending on the intended end use of the container. In the case of side stripe lacquers, these are applied using rollers or airless spray guns and any overspray is collected and ducted to the air. In the case of powder coatings, these are applied electrostatically and any overspray is collected and recycled.

Following welding/side stripe application, the cylinders pass through an oven to cure the applied side stripe. These ovens are generally either hot air or induction and apply a localised heat to the weld area of the cylinder. Emissions from the side striping oven are emitted directly to the air via exhaust stacks.

Following side stripe curing, some specifications of three piece cans (typically food cans) are then automatically fed into a beading machine so that strengthening beads can be fabricated into the body wall of the cylinder. This process is purely mechanical and requires no additional process materials. After beading or side stripe curing, depending on the can specification, the welded cylinders are automatically fed into either necking and flanging machines or just flanging machines so that both ends of the cylinder can be profiled ready to accept an end component. Again, necking and flanging are purely mechanical processes requiring no additional process materials.

The fabricated body is then automatically passed to an end seamer where an end component, previously manufactured, is fed and seamed onto one end of the fabricated cylinder. The seaming operation is also purely mechanical and does not require any additional process materials.

For some specifications, such as food cans, the three piece can is supplied to the user with only one end seamed and in this case, the end seaming is followed by palletisation. However, other three piece cans such as paint cans, oblong cans and aerosols pass through a second seaming machine and a second end component is seamed prior to palletisation.

### 15.2.4 End, cap and closure manufacture

The production process for ends, caps and closures is shown in Figure 15.4.

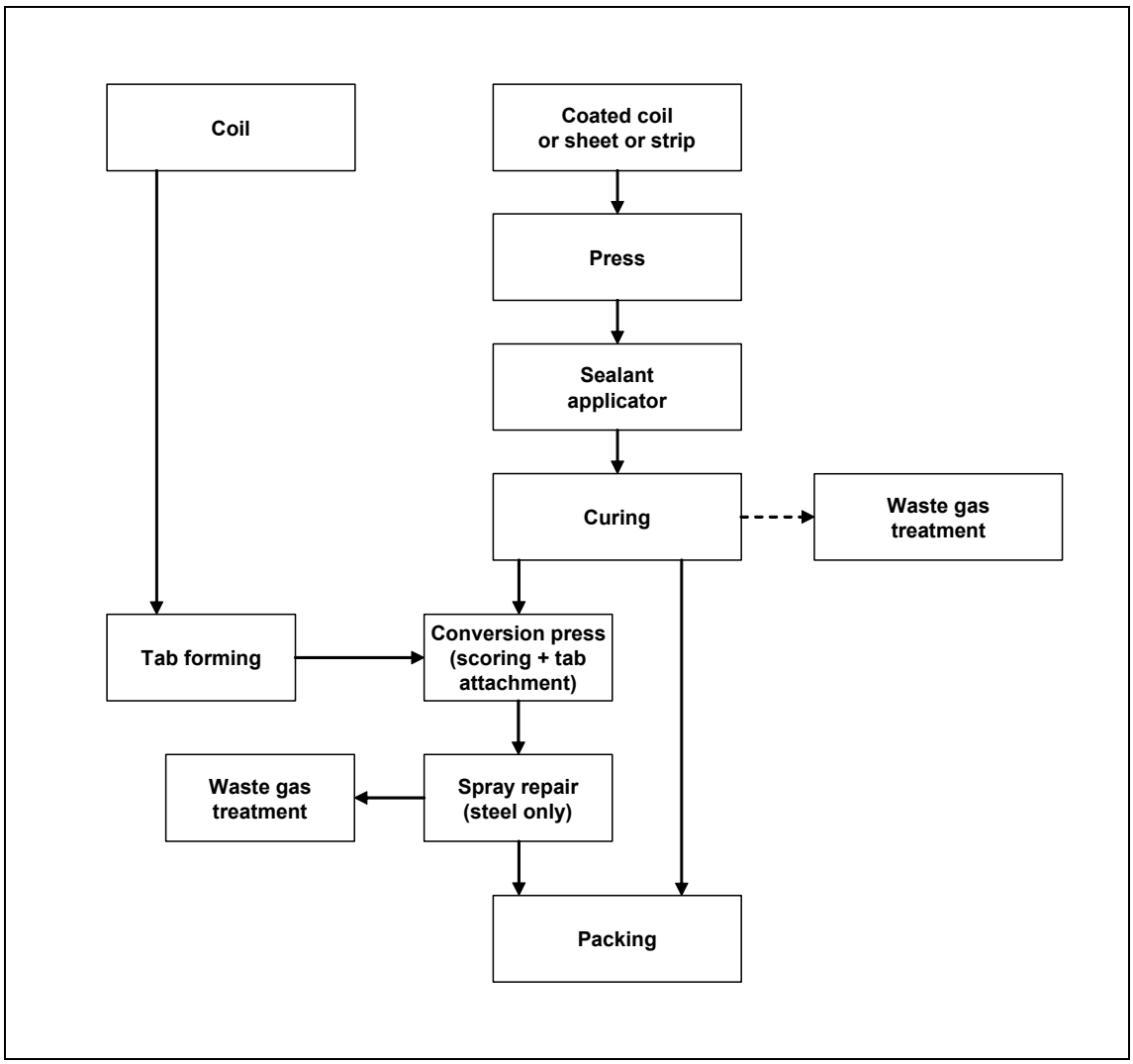


**Figure 15.4: Production process for ends, caps and closures**
**[76, TWG, 2004]**

The manufacture is either from a plain or pre-coated/decorated sheet or coil in aluminium or packaging steel. The metal may be pre-lubricated prior to fabrication. The metal is fed to a stamping press where the initial forming is carried out. Additional forming operations are carried out to complete the profile. The completed shell then proceeds to a lining machine where a sealant (sometimes referred to as lining compound) or gasket (sometimes referred to as compound) is applied. Organic solvents may be contained in the sealant.

Additionally, for easy opening ends, once the shell has had the compound applied, it proceeds on to a conversion press where the tab is fabricated and fitted and a final pressing is carried out to complete the end. For easy open ends made from tinplate, the end score will be repaired with a spray lacquer. Some sealants and gaskets require passage through an oven for forced drying or curing. Once completed, the ends, caps or closures are packed and palletised for despatch to customers.

### 15.2.5 Extruded aluminium tubes manufacture

The production process of extruded aluminium tubes is shown in Figure 15.5.

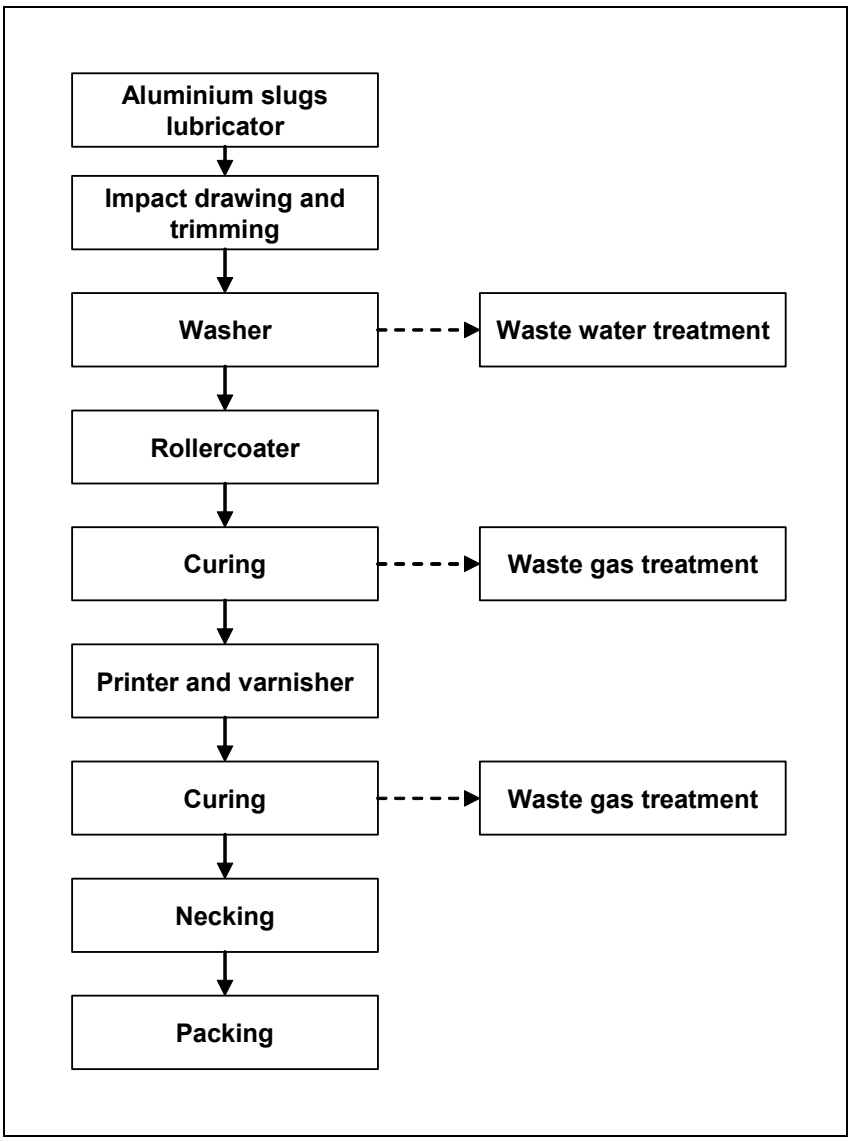


**Figure 15.5: Production process of extruded aluminium tubes**
**[76, TWG, 2004]**

Aluminium slug, which is 99.5 % pure aluminium, is lubricated and then converted in a series of high impact drawing operations into a tube with a single open end. The open end is trimmed to produce an even cylinder and the trim collected for recycling. Further separate metal from forming operations may inwardly dome the closed end for pressure resistance (aerosol), perforate it for later addition of a plastic screw thread and cap or further form it into a screw thread (the latter two for collapsible tubes).

The formed article is then cleaned in a continuous cleaner to remove residual lubricant and to prepare the surface for application of organic coatings. The chemicals used in the cleaning and etch process comprise caustic-based anionic detergents. The contaminated waste water may be discharged partly or totally to a sewer with local consent and/or re-used to feed the caustic scrubber system described below as a means of fume abatement.

The cleaned cylinders are then transferred to a base coater whereby a metered coating of clear or pigmented base coat is applied by a roller with the cylinder rotating. The coating material is contained in a reservoir in which the pick-up roller runs and excess material removed by the metering system is fed back into the reservoir. Typical base coats are organic solvent-based but waterborne coatings may also be used. The coating station is extracted by fan and generally ducted to the air via high stacks. From the base coater, the coated cans pass automatically into a drying/curing oven, the extract from which is collected and sent directly to the air via high stacks or to abatement equipment.

The cured base coat provides the key for the subsequent printed design, which is applied via a multicolour decorator using the dry offset process. Inks are hand-spooned to the reservoir rolls and a precision system of rolls accurately meters each colour separately onto the applicator roll, which picks up the colours in register and transfers the complete image to the workpiece. A protective over-varnish is applied as the final operation before the cylinder passes automatically into an oven for drying and curing. There is fume extraction at the decorator, which is ducted to the air having passed through a caustic scrubber and separate ducting of the oven exhaust to the air or abatement equipment.

For aerosol cans, the cylinder undergoes further reforming, with controlled application of a mineral lubricant, to 'neck-in' and curl the open end to accept the valve assembly which will be fitted subsequently to filling.

### 15.2.6 Drum manufacture

Steel drums are manufactured primarily for industrial use. The principle of manufacturing drums is similar to the three piece can manufacturing process. This is shown in Figure 15.6.

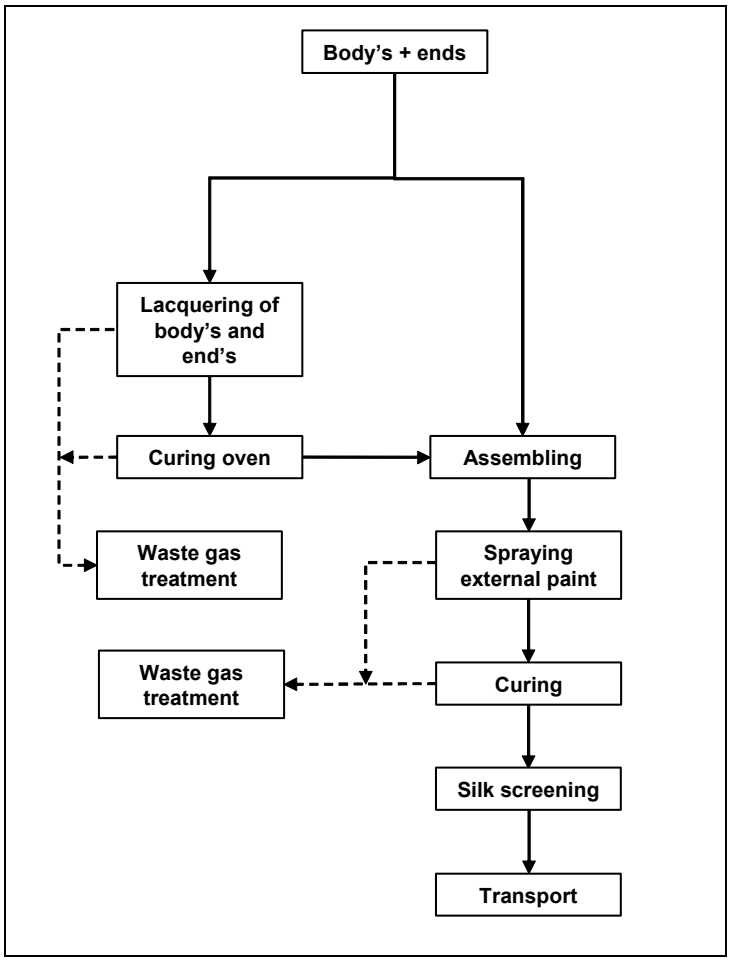


**Figure 15.6: Production process of drums**
**[76, TWG, 2004]**

Generally the body, top and bottom are produced separately on cutting and forming lines, using plain steel. If required, the formed drum bodies and ends are separately coated with internal lacquer and cured. On the seaming machine, just before assembling of these components, the seaming compound is applied. As a last step, the drum is coated on the outside with external drum paint and the coating cured and dried simultaneously. Internal drum coatings are generally applied via rotation discs (for the body) or by hot airless spraying. The majority of internal coatings are solvent-based because of the required chemical resistance against the filling goods and subsequently contain 45 to 65 % organic solvents. External drum paints are generally applied by hot airless spraying. External drum paints are mainly solvent-based and contain around 50 - 55 % organic solvents. In specific cases, water-based external drum paints are used, containing less than 10 % organic solvents. VOC process emissions are directed to the air via exhaust stacks or treated by abatement techniques first.

## 15.3 Current consumption and emission levels in the coating and printing of metal packaging

### 15.3.1 Mass balances

No mass balances were submitted, but see data below.

### 15.3.2 Consumption and emissions data

[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

Consumptions and emissions data for the various products and pre-products are given in the tables below:

| Plant reference | Plant A[1] | Plant B | Plant C |
|---|---|---|---|
| **Substrate** | **Tinplate** | **Tinplate** | **Aluminium** |
| Size and geometry of workpieces | 33/50 cl | 33/50 cl | 15, 20, 25, 29.6, 33 and 35 cl |
| Frequency of colour changes | Approx. 500 decoration changes per year for the production of 33 cl cans and 1100 for 50 cl cans | Approx. 400 decoration changes per year per production line | 2200 decoration changes in 1999 |
| Annual capacity million of $m^2$ (base year 2000) | ~ 120 tinplate | ~ 100 tinplate | 72.09 [2] aluminium |
| Solvent consumption (g of solvents/$m^2$)<br>yearly amount (tonnes) | maximum 7.2<br>maximum 864 | maximum 6.7<br>maximum 670 | 3.2 [2]<br>about 250 – 300 |
| Annual operation time (h) | 6500 – 8400 | 6500 – 8400 | 8300 |
| Year of commissioning | 1978 | 1984 | 1968 |
| Notes:<br>Food law requirements are applied to all three plants.<br>[1] Plant A is a plant with a coating store house, applying dust filters, an adsorption installation and a regenerative thermal combustion unit for the treatment of waste gases.<br>[2] Data from year 1999. | | | |

**Table 15.3: Data for the coating and printing of beverage cans**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

| Activities performed | Sheet coating and printing | Sheet coating and printing and three piece can |
|---|---|---|
| Production of lacquered sheets (million) | 22 | 10 |
| Production of printed sheets (million) | 68 | 21 |
| Tonnage of sheets used (tonnes) | 23000 | 7410 |
| Energy (electricity) used (MWh) | 3600 | 2000 |
| Energy (gas) used (MWh) | 6600 | 1600 |
| Solvent consumption (tonnes) | 210 | 105 |
| Solvent emission (tonnes) | 44 | 100 |
| Water usage (tonnes) | 2030 | 2610 |

**Table 15.4: Data for the coating and printing of flat sheet**
**[76, TWG, 2004]**

| Activities performed | Three piece cans |
|---|---|
| Production of cans (million) | 434 |
| Tonnage of tinplate used (tonnes) | 25300 |
| Energy (electricity) used (MWh) | 2300 |
| Energy (gas) used (MWh) | 3260 |
| Solvent consumption (tonnes) | 33 |
| Solvent emission (tonnes) | 30 |
| Water usage (tonnes) | 2898 |

**Table 15.5: Data for three piece can coating and printing**
**[76, TWG, 2004]**

| Activities performed | Caps |
|---|---|
| Sheets lacquered (million) | 36 |
| Sheets printed (million) | 12 |
| Production of caps (million) | 920 |
| Tonnage of tinplate used (tonnes) | 9126 |
| Energy (electricity) used (MWh) | 3840 |
| Energy (gas) used (MWh) | 1890 |
| Solvent Consumption (tonnes) | 300 |
| Solvent emission (tonnes) | 45 |
| Water usage (tonnes) | 1053 |

**Table 15.6: Data for cap coating and printing**
**[76, TWG, 2004]**

| Activities performed | Metal drums |
|---|---|
| External paint/drum | 250 grams |
| Tonnage external paint/year | 250 tonnes |
| Lacquer (internal coating)/drum | 300 grams |
| Calculation internal lacquer based on | 50 % of all drums |
| VOC % in internal drum lacquer | 65 % |
| % made with solvent-based (external paint) | 90 % |
| % made with water-based (external paint) | 10 % |
| VOC % in solvent-based | 55 % |
| VOC % in water-based | 10 % |
| Solvent consumption/year (external coating) | 126 tonnes |
| Solvent consumption/year (internal coating) | 98 tonnes |
| Total solvent consumption/year | 224 tonnes |
| Note: Values refer to estimated mass balance per one million large drums | |

**Table 15.7: Mass balances for drum coating and printing**
**[76, TWG, 2004]**

## 15.3.3 Consumptions

[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

### 15.3.3.1 Materials

**Consumption of raw materials in the coating and printing of two piece cans**

The solvent consumption of two installations (plant A and B) depends on the design and the filling (beverage) and is about 7.2 g per coated $m^2$ of tinplate. The capacities of these two plants were about 100 – 120 million $m^2$, in the year 2000. 670 and 864 tonnes respectively of organic solvents from coatings and printing inks were processed.

The coating materials applied in the plants mentioned above are water-based. However, for an improved workability they contain 15 - 45 % organic solvents. Typically 10 – 12 g coating per $m^2$ tinplate is consumed. The varnish applied for coating the interior of the can normally contains 10 - 15 % organic solvents, and typically 19 – 22 g/$m^2$ varnish is consumed.

The can may be coated with a base coat to serve as a support for the ink layer. The base coat contains approximately 20 to 50 % organic solvents. The can is then printed. In other cases, this base is not used because the can is printed directly. The printing ink may contain between 18 to 38 % of organic solvents and typically 0.5 to 0.7 g ink per $m^2$ tinplate is consumed. The can may optionally then be coated with a thin layer of overvarnish for the protection of the print. The overvarnish contains approximately 25 to 35 % organic solvents.

The consumption data for the processing of aluminium in one plant are shown in Table 15.8.

| Process step | Material | Consumption (t/yr) | Comments |
|---|---|---|---|
| Base coating | Lacquer | 127 | 12.5 wt-% solvents |
| Printing | Printing inks | 58 | 15 wt-% solvents |
| Overvarnish | Overvarnish | 257 | 16 wt-% solvents |
| Bottom varnish (roller application) | Bottom rimcoat | 19 | 33.5 wt-% solvents |
| Inside coating | Lacquer | 1050 | 15 wt-% solvents |
| Complete painting process | Cleaning agents, solvents | 26 | |
| Total process | Water | 135000 | |
| Cleaning process | | 172 | Sulphuric acid, tensides |
| Cleaning process | | 55.4 | Nitric acid, phosphoric acid, hydrofluoric acid |
| Surface pretreatment | | 53 | Hydrofluoric acid |
| Surface pretreatment | | 24 | Improvement of mobility |
| Adsorption wheel | Activated charcoal | 2 | |
| Waste water treatment | Lime | 82.3 | |
| | Anti-foaming agent | 2.1 | |
| | Flocculant | 2.54 | |
| | Breakdown agent | 12.1 | Ferroline |
| | Breakdown agent | 14.4 | |
| | Caustic soda | 35.1 | |
| | Hydrochloric acid | 34.5 | |
| | Sulphuric acid | 5.78 | |

**Table 15.8: Consumption of materials in one plant**
**[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]**

**Consumption of raw materials in the coating of drums**

On average for 217 litres drums, one drum line produces around 400 drums per hour (the maximum output is 600 drums per hour). All drums are externally painted. The amount of external paint used is around 250 grams per drum and the solvent consumption will be around 50 - 55 kg/hr if solvent-based coatings are used. Some installations have several drum lines. The internal coating (50 % of the drums) could be done simultaneously on a separate coating line (spray booth + oven) dedicated either for bodies or for ends and the additional consumption of solvent is 80 kg/h. For reasons of chemical durability, phenolic coatings might be used, which have some phenol content.
[128, TWG, 2005]

**Consumption of raw materials in the coating and printing of flat sheet**

For the coating operation, the solvent consumption varies to a large extent depending on the end use of the can and the substrate metal used. The applied solids may range from 4 to 6 g/m$^2$ exterior gold coating for a standard can, and up to 25 g/m$^2$ for the interior gold coating for a can designed for aggressive products. The typical range of solvent content in the coatings used ranges from 45 to 70 %. For certain specific applications, water-based coatings are being used which range from 10 to 25 % solvent content. The printing usage of solvents is about 10 % of the solvent consumption for the coating operation. Table 15.9 shows data on consumption of raw materials in the coating and printing of flat sheet.

| Application | | Typical film weight ($g/m^2$) | Typical solids content (%) |
|---|---|---|---|
| Three piece bodies | Interior | 5 – 40 | 30 – 35 |
| | Exterior gold | 4 – 6 | 30 – 40 |
| | Exterior size | 2 – 3 | 25 – 35 |
| | Exterior white | 12 – 16 | 50 – 60 |
| | Exterior varnish | 5 – 7 | 35 – 45 |
| | Exterior varnish (UV) | 5 – 7 | 100 |
| End components | Interior | 4 – 14 | 30 – 55 |
| | Exterior gold | 4 – 7 | 30 – 40 |
| | Exterior size | 2 – 3 | 25 – 35 |
| | Exterior white | 12 – 16 | 50 – 60 |
| | Exterior varnish | 5 – 7 | 35 – 45 |
| | Exterior varnish (UV) | 5 – 7 | 100 |
| Caps and closure | Interior system | 10 – 20 | 40 – 50 |
| | Exterior size | 2 – 3 | 30 – 40 |
| | Exterior white | 10 – 15 | 50 – 60 |
| | Exterior varnish | 2 – 4 | 35 – 45 |

**Table 15.9: Consumption of raw materials in the coating and printing of flat sheet [76, TWG, 2004]**

**Consumption of raw materials in the coating and printing of three piece cans**

The can's protective side stripe coating can be either a water-based material, solvent-based or powder. The selection of the side stripe coating is dependent upon the type of can, its end use and the film weight necessary for product resistance. A critical feature of the cured side stripe coating is the ability to withstand metal deformation at the beading and flanging stages.

The range of the film weight is 5 to 25 $g/m^2$ for liquid side stripes. This equates to potential VOC levels of between 5 and 100 $g/m^2$ of side stripe (that is 8 – 160 mg VOC per typical 0.5 kg can).

For powder side stripes, the range of the film weight is 70 to 140 $g/m^2$. There are no VOC emissions associated with powder side stripe application.

Currently there is no one side stripe standard technology or material capable of meeting all canmaking specifications. Table 15.10 shows data on consumption of raw materials in the coating and printing of three piece cans.

| Application | | Typical film weight ($g/m^2$) | Typical solids content (%) |
|---|---|---|---|
| Side stripe | Liquid | 5 – 20 | 15 – 25 |
| | Powder | 70 – 140 | 100 |

**Table 15.10: Consumption of raw materials in the coating and printing of three piece cans [76, TWG, 2004]**

**Consumption of raw materials in the coating and printing of ends, caps and closures**

In addition to preventing leakages, sealants and gaskets must also provide essential biological safety, especially in the case of food and beverage cans, ends and closures.

Sealant and gasket compound consumption is measured in volume as opposed to weight per area unit. When a repair spray is required, a typical number would be 95 g per 1000 ends (EOE) for a diameter of 73 mm. All repair sprays are solvent-based only. Typical sealant volumes are shown in Table 15.11 below.

| Diameter (mm) | Food can ends | Drink can ends | General line can ends | Aerosol can tops | Aerosol can bases |
|---|---|---|---|---|---|
| 48 | | | | 35 – 55 | |
| 50 | | 22 – 33 | | | 28 – 48 |
| 52 | 30 – 45 | 25 – 35 | | 40 – 60 | |
| 54 | | | | | 30 – 50 |
| 57 | | 30 – 40 | | | |
| 60 | | | | 40 – 70 | |
| 63 | | | | | 35 – 60 |
| 65 | | | | 45 – 75 | 35 – 60 |
| 70 | | | 40 – 65 | | |
| 73 | 30 – 50 | | | | |
| 83 | 40 – 60 | | | | |
| 99 | | | 70 – 100 | | |
| 153 | 80 – 110 | | 150 – 225 | | |
| 165 | | | 165 – 245 | | |
| Compound volume ($mm^3$) for different can/end diameters and applications | | | | | |

**Table 15.11: Consumption of raw materials in the coating and printing of ends, caps and closures [76, TWG, 2004]**

### 15.3.3.2 Water

Keine Daten übermittelt.

### 15.3.3.3 Energy

**Consumption of energy in the coating and printing of two piece cans**
The energy consumption of example plants A and B in the year 1999 – 2000 is shown in Table 15.12.

| | Plant A (MWh) | Plant B (MWh) |
|---|---|---|
| **Natural gas** | 67000 | 60000 |
| **Electricity** | 43000 | 55000 |
| **Regenerated energy** | 4000 | |
| Note:<br>Plant A and B are described in Section 15.3.3.1 | | |

**Table 15.12: Energy use and recovery in two installations [13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]**

## 15.3.4 Emissions

### 15.3.4.1 Emissions to air

[13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

Table 15.13 shows a summary of the VOC emissions reported.

| | [1]Emission level at application (g/m²) | |
|---|---|---|
| | **Solvent-based** | **Water-based** |
| Food contact | | |
| • DWI drinks | 6.7 – 10.5 | 3.2 – 4.5 |
| • sheet for ends, cans and components | 4 – 93 | 1 – 30 |
| • drums | 90 – 100 | |
| Non-food contact | | |
| • sheet for ends, cans and components | 4 – 93 | 1 – 30 |
| • drums | 60 – 70 | 11 – 20 |
| Print varnish | | |
| • sheet for ends, cans and components[2] | 2.5 – 13 | 1 – 6 |
| Notes:<br>[1] Values also include fugitive emissions<br>[2] UV ink and varnish applications are limited to non-food and special applications and can achieve lower levels than 1<br>No data have been reported for aluminium tubes | | |

**Table 15.13: VOC emissions levels reported in different coating and printing of metal packaging [76, TWG, 2004] [124, SEFEL, 2005]**

**Emissions to air from the coating and printing of two piece cans**

Due to extraction and treatment via regenerative, thermal combustion of waste gases from printing machines, coating applications and drier units, the amount of VOC emissions is relatively low. The efficiency of the waste gas treatment is more than 99 %; however this depends on inlet concentration. The mass flow of total C in the clean gas after the regenerative incineration process is in the range of 0.6 – 1.2 kg/h. Clean gas concentrations of <20 mg $C_{total}/Nm^3$ are achieved.

Table 15.14 shows emission data from plant A applying a regenerative incinerator with a capacity of treating a gas volume flow of 76000 $Nm^3/h$ for two production lines, and applying an adsorption wheel treating a gas volume flow of 90000 $Nm^3/h$ also for two production lines:

| Parameter | Mass flow (kg/h) | Mass flow (kg/yr) | Comments |
|---|---|---|---|
| **VOC** | No data | No data | |
| **Total C** | 0.61 | 5075 | After incineration |
| | 1.2 | 10080 | After adsorption wheel |
| **Dust** | 0.00015 | 1.27 | After incineration |
| **CO** | 1.37 | 11400 | After incineration |
| **$NO_X$** | 1.52 | 12600 | After incineration |

**Table 15.14: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant A [13, DFIU and IFARE, 2002]**

Table 15.15 shows emission data from plant B applying a regenerative incinerator with a capacity of treating a gas volume flow of 71240 $Nm^3/h$ for three production lines, and applying a bioscrubber treating a gas volume flow of 31820 $Nm^3/h$ for two production lines.

| Parameter | Mass flow (kg/h) | Mass flow (kg/yr) | Comments |
|---|---|---|---|
| **VOC** | No data | No data | |
| **Total-C** | 1.19 | 6764 | After incineration |
| | 0.3 | 252 | After bioscrubber |
| **Dust** | 0.03 | 202 | After incineration |
| **CO** | 0.69 | 3929 | After incineration |
| **$NO_X$** | 1.71 | 9721 | After incineration |

**Table 15.15: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant B [13, DFIU and IFARE, 2002]**

Table 15.16 shows emission data from plant C applying a regenerative incinerator with a capacity of treating a gas volume flow of 35000 $Nm^3/h$, and applying an adsorption wheel treating a gas volume flow of also 35000 $Nm^3/h$. The solvent-laden air from the ground coat and topcoat applications is led through the adsorption wheel, achieving an efficiency of 54.4 % for buthoxyethanol and 16.7 % for dibutylaminoethanol. The outlet gas from the adsorber is subsequently routed to the incinerator. Air extracted from the driers is only routed to the combustion unit, achieving a removal efficiency of 99.9 %.

| Parameter | Mass flow (kg/h) | Mass flow (kg/yr) | Concentration ($mg/m^3$) | Comments |
|---|---|---|---|---|
| **Total C** | 1.75 | 14525 | 50 | After adsorption |
| | <0.07 | 581 | <2 | After incineration |
| **Dust** | | | | |
| **CO** | 2.55 | 21206 | 73 | After incineration |
| **$CO_2$** | | 8290 | | Incinerator and driers |
| **$NO_X$** | 2.80 | 23240 | 80 | After incineration |

**Table 15.16: Emission values of clean gas after waste gas treatment from plant C [13, DFIU and IFARE, 2002]**

VOCs are mainly emitted as fugitive emissions from, e.g. transport processes, conveyor systems or at the withdrawal of driers. From plants A, B and C, about 31 – 47 t VOC per year were emitted as fugitive emissions. The estimated fugitive emissions from plant C are 34 t/yr, which is 15 % of the solvent input.

The emission of VOC from varnishes and from cleaning (before treatment) is reported to be in the range of 10 – 12 $g/m^2$ tinplate [23, Spain, 2000].

**Emissions to air from drum coating and printing**

Table 15.17 shows emissions data from the coating and printing of drums.

| | |
|---|---|
| **Waste gas abatement (WGT)** | 30 % |
| **VOC eliminated by WGT** | 67 tonnes |
| **VOC emissions to air** | 143 tonnes/year |
| Note:<br>Typical estimated emissions per million large drums | |

**Table 15.17: Emissions to air from the coating and printing of drums [76, TWG, 2004]**

### 15.3.4.2 Emissions to water

[13, DFIU and IFARE, 2002]

**Waste water in the coating and printing of two piece cans**

Waste water is generated from the pretreatment processes. The concentrations of tin result from the cleaning of the deep-drawn cans made of tinned tinplate. After precipitation and flocculation the concentrations of tin are 4 and <2 mg/l for plant A and B respectively.

AOX values after treatment are 0.5 and <1 mg/l for plant A and B respectively. Concentration of hydrocarbons after treatment were, for both plants, <20 mg/l. The treated waste water of plant C has a COD concentration of 350 mg/l and for AOX 0.5 mg/l.

### 15.3.4.3 Waste

[13, DFIU and IFARE, 2002]

**Waste from coating and printing of two piece cans**

Significant wastes from the production process are shown in Table 15.18. The amount of waste is expressed in tonnes per year and as a relative value to each square metre of tin or aluminium processed.

| Waste | Plant A | | Plant B | | Plant C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (t/yr) | ($g/m^2$) | (t/yr) | ($g/m^2$) | (t/yr) | ($g/m^2$) |
| Coating sludge from the cleaning of installations | 2.95 | 0.025 | | | | |
| Solvents and solvent mixtures | 42.15 | 0.351 | | | 8 | 0.11 |
| Organic solvents, cleaning agent and alkaline solutions | 56.79 | 0.473 | | | | |
| Oil-contaminated filters, cleaning wipes and protective clothing | 61.66 | 0.514 | 43 | 0.43 | 5.2 | 0.02 |
| Coating sludge | | | 87.00 | 0.87 | 32 | 0.40 |
| Varnish filters | | | 6 | 0.06 | | |
| Packaging with hazardous contaminations | | | 8 | 0.08 | | |
| Sludge from cleaning tanks | | | | | 11 | 0.15 |
| Oil residues | | | | | 12.4 | 0.17 |
| Lime sludge | | | | | 316 | 4.0 |
| Mixed industrial waste | | | | | 53 | |
| Aluminium scrap | | | | | 3.63 | |

**Table 15.18: Wastes arising from coating and printing of metal packaging [13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]**

Other reported data show that per square metre of tinplate 1 – 2 $g/m^2$ used solvents arise, which are normally cleaned and recycled on or off site [23, Spain, 2000].

**Wastes arising from drum coating and printing**

Table 15.19 shows emissions data from the coating and printing of drums.

| | |
|---|---|
| **Waste** | 6.25 % |
| **Waste** | 14 tonnes |
| Note: Typical estimated emissions per million large drums | |

**Table 15.19: Emissions from the coating and printing of drums [76, TWG, 2004]**

## 15.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT für das Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch für das Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können für das Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen angewendet werden. Tabelle 15.20 zeigt die allgemein für das Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Table 15.20: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

### 15.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtungen und Druckfarben

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.1. Beschichtungen und Druckfarben sind bei den folgenden Metallverpackungs-Herstellungsprozessen gewöhnlich lösemittelbasiert:

- Aufbringen der Außenbeschichtung auf DWI-Getränkedosen (DWI cans)
- Auftragen von Dekorfarben auf Getränkedosen
- Spezialaufträge auf (Blech-)Bögen
- Aufbringen von Basislack und Druckfarbe auf tiefgezogene Aluminiumdosen
- Innen- und Außenbeschichtung von Fässern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verringerte Reinigungsfrequenz (wash-up) und verringerter Materialverbrauch. Abfallmaterial wird kostengünstig zur Lösemittelrückgewinnung recycelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Abgase aus dem Beschichtungsprozess der Blechbögen werden normalerweise wie folgt behandelt:

- die Abgase aus dem Beschichtungsprozess werden normalerweise behandelt
- die Abgase aus dem Druckprozess werden normalerweise direkt in die Außenluft abgeleitet.

Bei Abgasen von Getränkedosen- und Fassprozessen mit Bogentechnologie hängt es von den lokalen Bedingungen ab, ob sie behandelt oder direkt in die Außenluft abgegeben werden.

Abgase von Prozessen der Herstellung tiefgezogener Aluminiumdosen werden gewöhnlich wie folgt behandelt:

- Abgase aus Basislackarbeiten werden gewöhnlich direkt in die Außenluft abgeleitet
- die Abgase aus Trocknern werden manchmal behandelt
- die Abgase aus dem Auftrag von Dekorfarben und Abgase aus dem Klarlackauftrag werden typischerweise durch einen sauren Wäscher geleitet und im Anschluss die Trocknerabgase gewöhnlich durch thermische Nachverbrennung behandelt

**Anwendbarkeit:** Anwendbar für Beschichtung und Bedruckung von Metallverpackungen gemäß den technischen Anforderungen wie folgt:

- hervorragende Feuchtebeständigkeit
- Beständig gegenüber Wasserdurchlässigkeit
- Nass-in-Nass-Lackierung
- verbesserte Chemikalienbeständigkeit
- Beständigkeit gegenüber Öl- und Schmiermittelverunreinigung.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Produktqualität und -sicherheit.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [125, SEFEL, 2005]

#### 15.4.1.1 Lösemittelbasierte Druckfarben bei der Herstellung von DWI-Getränkedosen (DWI cans)

**Beschreibung:** Die aufgetragene Druckfarbe enthält 18 - 38 % organische Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** DWI-Druckmaschinen sind imstande mit Geschwindigkeiten von > 2000 Dosen/Minute mit 4/6/8 unabhängigen Linien zu drucken. In den Maschinen werden nacheinander bis zu 8 Farben und einen Decklack aufgetragen. Trockner härten die Druckfarbe bei Temperaturbereichen von 180 bis 450 ºC in 7 bis 60 Sekunden.
Die Druckfarben werden in einem Trockner gehärtet, und das Abgas kann durch thermische Nachverbrennung behandelt werden. Der Dekorauftrag ist so gestaltet, dass er eine Abgasabsaugung gestattet. Die Pressen sind normalerweise geschlossen, um die Abgasabsaugung und eine anschließende Behandlung zu erleichtern.

**Anwendbarkeit:** Gewöhnlich werden Offsetprozesse angewendet, bei neueren Anlagen werden aber auch Gravurrollen verwendet. Die Dekormaschinen sind so ausgelegt, dass eine Abgasabsaugung möglich ist

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

## 15.4.2 Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtungen und Druckfarben (Substitution)

### 15.4.2.1 Wasser-/lösemittelbasierte Beschichtungs- und Druckfarbensysteme

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Folgendes wird bei DWI-Getränkedosen angewendet:

Außenbeschichtung (Boden ausgenommen): 15 – 45 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln

- Innenbeschichtung: 10 – 15 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln
- Basislack für den Boden der Dose: 80 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln t.

Bei zweiteiligen Aluminiumdosen sind das:

- Innen- und Außenbeschichtung: 12 – 16 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln
- Beschichtung für den Boden der Dosen: rund 33 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln.

Bei Stahlfässern sind das:

Außenbeschichtung: 5 - 15 Gew.-%-gehalt an organischen Lösemitteln.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Ein Wechsel zu wasserbasierten Produkten ist mit höherem Energieverbrauch verbunden (und infolgedessen mit $CO_2$-Emissionen) für Trockner und Anlagen zur thermischen Nachverbrennung. Wenn die VOC-Emissionsminderung aber ausreichend ist und die thermische Nachverbrennung abgeschaltet werden kann, kann der Energieverbrauch vergleichbar oder weniger sein (siehe BVT-Merkblatt ECM, Anhang 14 zum Drucken mit wasserbasierten Produkten).

**Betriebsdaten:** Das Abgas aus dem Spritzauftrag und den Trocknern wird normalerweise behandelt. Substitute für Beschichtungen sind hauptsächlich für den Beschichtungsprozess für tiefgezogene und gebördelte Dosen (DWI) vorhanden.

**Anwendbarkeit:** Aluminiumdosen werden im Wesentlichen mit wasserbasierten Beschichtungen versehen (z.B. Lacken).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.
**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Rexam, Berlin, Deutschland (Zinndosen).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [70, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 15.4.2.2 Wasserbasierte Beschichtungssysteme und Verbundstoffe (compounds) bei der Metallverpackungsherstellung mit Blechbogentechnologie

Dieser Abschnitt gibt Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch anderen Metallverpackungen, die nicht tiefgezogen sind (DWI).

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Die folgenden wasser-/lösemittelbasierten Beschichtungssysteme werden für folgende Metallverpackungen angewendet:

- dreiteilige Dosen für Lebensmittel, Getränke, Aerosole und Spezialprodukte
- geschweißte dreiteilige Dosen mit Seitenstreifenschutz. Wasserbasierte Beschichtungen können auf den Seitenstreifen der Schweißnaht aufgetragen werden
- Endstücke, Kappen, Deckel und Verschlüsse von dreiteiligen Dosen, Bechern und Flaschen
- zweiteilige nicht tiefgezogene Dosen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von organischen Lösemitteln, weil keine organischen Lösemittel verwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhte Maschinenreinigungsfrequenz und Abschaltzeiten. Vermehrter Schlamm im Absaugsystem (Kondensat und Harz). Verminderte Gesundheits- und Arbeitssicherheitsrisiken für die Bediener der Beschichtungsmaschine, da sie weniger Lösemitteln ausgesetzt sind. Gemindertes Brand- und Explosionsrisiko. Benötigt Wärmeöfen zur Trocknung.

**Betriebsdaten:** Das Abgas aus dem Beschichtungsprozess und den Trocknern wird normalerweise behandelt. Wasserbasierte Beschichtungssysteme müssen in einer frostfreien Umgebung gelagert werden. Verminderte Gesundheits- und Arbeitssicherheitsrisiken für die Bediener der Beschichtungsmaschine, da sie weniger Lösemitteln ausgesetzt sind. Gemindertes Brand- und Explosionsrisiko.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Verbindungen stehen zur Verfügung, werden häufig angewendet. Nass-auf-Trocken-Auftrag nur gemäß den Qualitätsparametern. Angewendet bei Metallverpackungsteilen, Kappen und Verschlüssen.

**Wirtschaftlichkeit:** Pumpen und Leitungen müssen aus hochwertigem Stahl sein. Erhöhte Wartungskosten infolge Abnutzung der Rakel, erhöhte Kosten zur Reinigung des Abzugssystems. Investitionen für Trockenöfen erforderlich und hochwertige Qualität der Versorgungs- und Verteilleitungen.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllung der Umweltrechtsbestimmungen.

**Beispielbetriebe:** Impress Hoogeveen und Impress Deventer, beide in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.2.3 Blechbogenbeschichtung

Dieser Abschnitt enthält Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch zu anderen Metallverpackungen außer DWI-Dosen.

**Beschreibung:** Für bestimmte Metallverpackungen sind wasserbasierte Materialien geeignet, aber begrenzt auf Polyester, Acryle und Epoxiphenole (ausgenommen Organosol) , wasserbasierte Beschichtungen enthalten aber einige organische Lösemittel hauptsächlich zur Unterstützung der Benetzung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierte Lösemittelemissionen. Verminderte Gesundheits- und Arbeitssicherheitsrisiken für die Bediener der Beschichtungsmaschine, da sie weniger Lösemitteln ausgesetzt sind. Gemindertes Brand- und Explosionsrisiko.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhte Abnutzung der Rakel und erhöhte Kondensatproduktion.

**Betriebsdaten:** Die Abschaltzeit zur Reinigung beträgt normalerweise 30 Minuten länger als mit lösemittelbasierten Materialien.

**Anwendbarkeit:** Nur für den Nass-auf-Trockenauftrag geeignet. Angewendet bei der Herstellung von Metallverpackungen, die auf der Blechbogentechnologie basieren.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten sind ungefähr gleich bei wasserbasierten und lösemittelbasierten.

**Gründe für die Einführung:** Einhaltung des Lösemittelreduktionsplanes.

**Beispielbetriebe:** Impress Hoogeveen, Niederlande.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 15.4.2.4 Flüssige Seitennahtbeschichtung

Dieser Abschnitt enthält nur Informationen zu dreiteiligen Dosen.

**Beschreibung:** Ein Lackstreifen wird auf den inneren und äußeren Bereich des geschweißten Abschnitts des Dosenzylinders aufgebracht. Das Streifengewicht für eine typische Dose beträgt ungefähr 0,02 g/Dose und der Lacktyp wird entsprechend der angreifenden Eigenschaften des in die Dose zu füllenden Produktes gewählt. Wasserbasierte Materialien sind für ausgewählte Dosenprodukte, nachdem sie umfängliche qualifizierte Verpackungstests bestanden haben, erhältlich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderung der Emissionen von organischen Lösemitteln.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wasserlacke können mit standardisierten Anlagen für Seitenstreifen aufgetragen werden. Verminderte Gesundheits- und Arbeitssicherheitsrisiken für die Bediener der Beschichtungsmaschine, da sie weniger Lösemitteln ausgesetzt sind. Gemindertes Brand- und Explosionsrisiko.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Materialien sind nicht für den Innen-Seitenstreifen von Dosen von aggressiven Produkten geeignet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten sind ungefähr gleich bei wasserbasierten und lösemittelbasierten.

**Gründe für die Einführung:** Einhaltung des Lösemittelreduzierungsplanes.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 15.4.2.5 Reparaturlackierung

Dieser Abschnitt enthält nur Informationen zu Dosen mit Öffnungslasche (easy open ends).

**Beschreibung:** Bei Stahldeckeln mit Öffnungslasche findet nach der Primerbeschichtung und dem Pressen ein Einritzen statt. Dieses Einritzen muss durch Überspritzen repariert werden, um eine Korrosion des Stahls zu verhindern. Geeignete Lacke sind gegenwärtig nur als lösemittelbasierte Lacke erhältlich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Organische Lösemittel werden normalerweise direkt in die Außenluft abgegeben.

**Betriebsdaten:** Gute Benetzungseigenschaften und Widerstandsfähigkeit gegenüber Ölen auf der Oberfläche.

**Anwendbarkeit:** Stahldeckel mit Öffnungslasche. Angewendet in der Metallverpackungsherstellung, die auf der Blechbogentechnologie basiert.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 15.4.2.6 Pulverbeschichtung des Seitennaht

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.6.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine organischen Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Gewicht der Schicht ist typischerweise 10-mal größer als das, was man für eine flüssige Seitennahtbeschichtung benötigen würde.

**Betriebsdaten:** Überwachung der Elektrostatik beim Spritzen erforderlich.

**Anwendbarkeit:** Angewendet in der Metallverpackungsherstellung, die auf der Blechbogentechnologie basiert. Schutz des Innenseitenstreifens von Dosen mit aggressiven Füllgütern. Pulverbeschichtungen können auf die Schweißnaht aufgetragen werden und werden 'Seitenstreifen' (side stripes) genannt. Pulverbeschichtungen werden für die dreiteiligen geschweißten Dosen zum Seitenstreifenschutz verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für aufgetragenes Pulver sind höher als für flüssige Lacke.

**Gründe für die Einführung:** Umweltgesetzgebung.

**Beispielbetriebe:** Impress Deventer, Niederlande.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.2.7 Bandbeschichtetes Material

Dieser Abschnitt gibt Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch für andere Metallverpackungen, die nicht tiefgezogen (DWI) sind.

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.8. Es kann bandbeschichtetes Material verwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Minderungen von VOC-Emissionen, abhängig von den Beschichtungsaktivitäten, die durch das bandblechbeschichtete Material ersetzt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Materialverlust durch Stanzabfall von durchschnittlich 20 % was auch beschichtetes Material einschließt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Wird bei einigen Böden und Oberteilen von Aerosoldosen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

#### 15.4.2.8 Vorbeschichtetes Bandblech

**Beschreibung:** Dieser Abschnitt gibt Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch für andere Metallverpackungen, die nicht tiefgezogen (DWI) sind.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine organischen Lösemittelemissionen in der Metallverpackungsherstellungsanlage.

**Medienübergreifende Effekte:** Prozessmetallschrott (Schnipsel) enthält Beschichtung.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Angewendet in der Metallverpackungsherstellung, die mit der Bogentechnologie arbeitet und mit Prozessen mit Bandblech. Vorbeschichtete Bänder (Coils) kann man von einer begrenzten Anzahl von Metallherstellern bekommen, es ist nur geeignet für ausgewählte Deckel, Verschlüsse und für tiefgezogene Verschlüsse. Nicht geeignet für DWI-Dosen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Aus Genehmigungsgründen oder es besteht die Notwendigkeit, die Beschichtungsarbeiten auszulagern.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

#### 15.4.2.9 UV-Compounds (Glanzlack und Druckfarben)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.4.2.2.1. UV-Druckfarben werden auf eine große Reihe von Produkten aufgetragen: Aerosolverpackungen, Lebensmittelverpackungen, allgemeine Artikel, Verschlüsse und Kappen. UV-Glanzlacke werden auch für Aerosolverpackungen, Lebensmittelverpackungen und einige allgemeine Artikel verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Emissionen organischer Lösemittel. Keine thermischen Härteöfen und damit verbundene Energie- und Emissionsauswirkungen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Ozon emittiert.
**Betriebsdaten:** Man muss bei der Verwendung von UV-Material vorsichtig sein; es ist geeignet für jegliche Art von Füllprodukt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird für dreiteilige Dosen als auch für andere Metallverpackungen angewendet, die nicht tiefgezogen (DWI) sind.

Die Verwendung von UV-Druckfarben für Metallverpackungen, die für den Nicht-Lebensmittelbereich eingesetzt werden, hat sich verstärkt und wird allgemein angewendet. Angewendet bei der Metallverpackungsherstellung, die auf der Blechbogentechnlogie basiert. Die UV-Trocknung ersetzt konventionelle Trocknungsöfen. Der Auftrag von UV-Glanzlack ist

durch Anforderungen an die Flexibilität der Fertigungsmittel und Abriebfestigkeit sehr begrenzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen von Umweltanforderungen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

### 15.4.3 Auftrag von Beschichtungen und Druckfarben

#### 15.4.3.1 Rollwalzbeschichtung zur Herstellung von DWI-Dosen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.1. Rollwalzbeschichtung und Trockenoffsetdruck ist weitverbreitet für den Auftrag von äußeren Beschichtungen und Druckfarben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Optimale Materialausnutzung.

**Medienübergreifende Effekte:** Manchmal wird die Abluft aus der Beschichtung und dem Druckprozess direkt an die Außenluft abgegeben.

**Betriebsdaten:** Die Auftragsrollen sind eingehaust und überschüssiges Beschichtungsmaterial wird gesammelt und in den Vorratsbehälter zurückgeführt.

**Anwendbarkeit:** Rollwalzbeschichtung ist weitverbreitet für den Auftrag von Außenbeschichtungen und beim Trocknenoffsetdruck zum Auftrag von Druckfarben.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Optimale Materialausnutzung.

**Beispielbetriebe:** Rexam, Berlin, Deutschland (Stahldosen).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [70, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.2 Rollwalzbeschichtung für die Bogentechnologie

Dieser Abschnitt enthält Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch zu anderen Metallverpackungen außer DWI-Dosen.

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.1. Die Lagen der Beschichtungen werden typischerweise genau auf 3 bis 10 µm geregelt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Optimierter Lackauftrag und Verminderung von organischen Lösemittelemissionen.
**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Auftragsroller für die Bogenbeschichtung sind eingehaust und überschüssiges Material wird gesammelt und in den Vorratsbehälter zurückgeführt.

**Anwendbarkeit:** Auftragsroller werden ausschließlich für das Beschichten von Bögen verwendet. Seitenstreifen können auch unter Verwendung von Rollen aufgetragen werden. Die Metallverpackungsindustrie benutzt für ausgewählte Arbeiten Rollen, die kontinuierlich oder stellenweise Lacke auftragen.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparungen von Beschichtungsmaterial.

**Gründe für die Einführung:** Kosten und Qualitätskontrolle des Beschichtungsauftrags.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.3 Rollen zur Herstellung von stranggepressten Aluminiumtuben

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.1. Beschichtungswalzen werden für den Auftrag des Basislacks verwendet, die Tube rotiert und die Rollwalze ist statisch. Der Rollwalze (pick-up) läuft durch einen Behälter, der das Beschichtungsmaterial enthält, Überschussmaterial wird dann in der Dosieranlage entfernt und in den Vorratsbehälter zurückgeführt. Nach dem Druckprozess wird ein Overvarnish (Klarlack) mit Walzen aufgetragen. Die Beschichtungsstation ist normalerweise eingehaust, und Abgas wird abgesaugt und in einem Wäscher behandelt. Dem anschließenden Trockenprozess folgt die Behandlng durch thermische Nachverbrennung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von Lösemittelemissionen in die Außenluft.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.4 Druckluftspritzen

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.8.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Auftragseffizienz für das Spritzen der Innenseite bei der Herstellung von zweiteiligen Dosen (DWI) beträgt zwischen 93 – 97 %.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Der Overspray wird gewöhnlich durch Anwendung eines Trockenfiltersystems abgetrennt. Der Overspray kann nicht wiederverwendet oder recycelt werden.

**Anwendbarkeit:** Druckluftspritzen wird allgemein für den Auftrag der Innenbeschichtung bei der Herstellung von DWI-Dosen verwendet und bei der Herstellung von Metallverpackungen, die die Bogentechnologie benutzen.

**Wirtschaftlichkeit:** Minimieren des Lackverbrauchs durch zielgerichteten Auftrag.

**Gründe für die Einführung:** Umweltvorteile und Kostengründe.

**Beispielbetriebe:** Rexam, Berlin Deutschland (steel cans).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [70, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.5 Airlessspritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.1. Seitenstreifen können unter Verwendung von Airless-Spritzpistolen aufgetragen werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Auftragseffizienz beim Spritzen der Innenseite beträgt 90 % bei der Herstellung von zweiteiligen Dosen (DWI). Der Lackauftrag wird durch den zielgerichteten Auftrag minimiert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Allgemein wird der Overspray mit einem Trockenfiltersystem gesammelt. Der Overspray wird nicht wiederverwendet oder recycelt.

**Anwendbarkeit:** Airlessspritzen wird allgemein für die Innenbeschichtung bei der Herstellung von zweiteiligen Dosen und bei der Metallverpackungsherstellung, die auf der Bogentechnologie basiert, angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Hohe Auftragseffizienz und geringer Rohstoffverbrauch, siehe 'Gründe für die Einführung' unten.

**Gründe für die Einführung:** Mindert Emissionen in die Luft und ist kosteneffektiv.

**Beispielbetriebe:** Rexam, Berlin, Deutschland (Stahldosen).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [70, UBA Deutschland, 2003], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.6 Elektrostatisches Spritzen

**Beschreibung:** Seitenstreifen aus Pulverbeschichtung werden mit elektrostatischen Spritzpistolen aufgetragen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Das überschüssige Beschichtungsmaterial wird aufgefangen und in den Vorratsbehälter zurückgeführt.

**Anwendbarkeit:** Metallverpackungsherstellung, die auf der Bogentechnologie basiert.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003]

### 15.4.3.7 Pulverbeschichtung

**Beschreibung:** Die Metallverpackungsindustrie verwendet elektrostatische Spritzanlagen für den Auftrag des Seitenstreifens bei dreiteiligen geschweißten Dosen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Rezirkulation des Pulvers im geschlossenen Kreislauf verhindert Staubemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Verwendet für dreiteilige Dosen mit lackiertem Seitenstreifen. In der Metallverpackungsindustrie angewendet, die die Bogentechnologie verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für das aufgetragene Material sind höher als bei flüssigem Lack für den Seitenstreifen.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen von Umweltanforderungen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

### 15.4.3.8 Vorhanggießen

**Beschreibung:** Das ist eine Beschichtungstechnik, die für einen äußeren Korrosionsschutz auf DWI-Dosen für Lebensmittelprodukte verwendet wird, wo eine glatte Schutzschicht (nicht dekorativ) erforderlich ist. Die Beschichtung enthält normalerweise auch ein Gleitmittel, um die Dosenbewegung während der weiteren Herstellung und des Füllens zu erleichtern. Nach Reinigung und Spülung der umgedrehten Dosen (Boden nach oben) wird eine Schicht aus einer verdünnten wasserbasierten Grundierung (Washcoat) in großen Mengen mittels eines einzelnen Vorhanges oder mehrerer Vorhänge aufgetragen, die ähnlich Wasserfällen auf das durchlaufende Laufband auftreffen. Der überschüssige Washcoat fließt von den Dosen herab in ein Auffang- und Rezirkulationssystem, dann kommt die Dose sofort in einen Ofen zum Verdampfen des flüssigen Trägers und die verbleibenden Feststoffe härten zu einem Schutzfilm aus. Das Vorhanggießen ist normalerweise so gestaltet, dass es integraler Bestandteil der gesamten Reinigungs-, Spül- und Trockenanlage ist. Die kontinuierliche Zufuhr von deionisiertem Wasser durch den vorangegangenen Spülvorgang auf den Dosen verdünnt den Waschcoat im System, der durch Ultrafiltration und/oder periodische Zufuhr von konzentriertem Washcoat, aufkonzentriert wird. Der Washcoat ist bevorzugt wasserbasiert hat aber einen geringen VOC-Gehalt zur Verbesserung der Benetzung der Dosenoberfläche.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Verwendung von wasserbasiertem Beschichtungsstoffen minimiert den Lösemittelgehalt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wenn Dosen nicht dekoriert werden, wie das normalerweise bei Lebensmitteldosen der Fall ist, wird eine klare äußere Schutzschicht auf die umgedrehte Dose mittels Vorhanggießen aufgebracht. Vorhanggießlacke werden über Auffang- und Rezirkulationseinrichtung im Kreislauf geführte.

**Anwendbarkeit:** Zum Schutz der Außenhülle. Angewendet bei der Herstellung von zweiteiligen DWI-Dosen.

**Wirtschaftlichkeit:** Materialoptimierung.

**Gründe für die Einführung:** Kosten- und Umweltvorteile.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.3.9 Strahlungshärten

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.5.

### 15.4.4 Bedrucken

#### 15.4.4.1 Lithografie (Offsetdruck) bei der Bogentechnologie

Dieser Abschnitt enthält Informationen zu dreiteiligen Dosen als auch zu anderen Metallverpackungen außer DWI-Dosen.

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.4.1. Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 15.2. Moderne Trockenoffsetdruckpressen können Geschwindigkeiten von über 6000 Bögen pro Stunde bedrucken. Die Anzahl der dabei verwendeten Druckfarben wird speziell gestaltet, z. B.

- Milchpulverdosen können 10/11 Farben haben
- Werbemetalldosen können 13/14 Farben haben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Für lithografische Prozesse benutzte Druckfarben enthalten normalerweise weniger als 10 % organische Lösemittel, die zu geringeren Lösemittelemissionen führen.

**Medienübergreifende Effekte:** Die organischen Lösemittel werden normalerweise aus dem Trockenofen direkt in die Außenluft abgegeben.

**Betriebsdaten:** Drucklinien bestehen aus ein bis sechs Druckmaschinen, und es können ein bis 6 Farben nacheinander auftragen werden. Manche Designs werden mit einem Vierfarbprozess erreicht, während andere mit einem sechsfarbigen Chrom(VI)-Drucksatz erreicht werden. Ein großer Anteil an Designs wird immer noch unter Verwendung von sogenannten „spot colours“ erhalten (z.B. Druckfarbe mit einer passenden Nuance, um die Erfordernisse des Designs zu erfüllen).

**Anwendbarkeit:** Allgemein genutzte Technologie, die in der Metallverpackungsindustrie für flache Metallbögen genutzt wird.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Diese Technik wir allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.4.2 Wasserloser Trockenoffsetdruck

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.4.1.6.

**Erreichte Umwelteffekte:** Einsparung von Ressourcen, Rohstoffen und Emissionen aus dem Feuchtmittel werden vermieden. Verringerte Einrichtungszeiten bei Dekorwechseln. Um den Materialverbrauch für den Außenglanzlack zu mindern, kann die Dose direkt im Offsetdruck bedruckt werden und dann mit einer dünnen Schicht von Glanzlack (Klarlack) zum Schutz des Druckes beschichtet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Es ist eine Kühlung der Anlage erforderlich.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Der Prozess wird normalerweise verwendet, wenn ein Druckregister (print registration) auf dem Produkt nicht möglich ist, wie bei runden Oberflächen, Beispiele sind Getränkedosen, Deckel und stranggepresste Aluminiumröhren. Diese Technik kann bei ausgewählten Metallverpackungsprodukten angewendet werden. Bei neuen Anlagen werden zum Auftrag der Druckfarben Tiefdruckwalzen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Diese Technik wir allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 15.4.4.3 Wasserloser Trockenoffsetdruck zur Herstellung von stranggepressten Aluminiumtuben

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 2.4.1.6. Der gehärtete Basislack stellt die Grundlage für das nachfolgende gedruckte Design dar, welches in einer Mehrfarbdruckmaschine unter Verwendung des wasserlosen Offsetdruckes aufgetragen wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Druckfarben werden von Hand in die Vorratswalzen geschöpft, und ein präzises System von Walzen dosiert jede Farbe separat genau auf die Auftragswalzen. Gewöhnlich gibt es eine Absaugung an der Druckmaschine, die Abluft wird durch einen sauren Wäscher geleitet und über Luftkanäle an die Außenluft abgegeben.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [65, UKDEFRA, 2003]

### 15.4.5 Abgasbehandlung

#### 15.4.5.1 Trockenfiltersysteme

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.6. Diese Technik wird allgemein bei der Herstellung von DWI-Dosen und in der Metallverpackungsindustrie, basierend auf der Bogentechnologie, zur Entfernung von Beschichtungspartikeln angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.5.2 Elektrofilter

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.7. Diese Technik wird allgemein zur Entfernung von Beschichtungspartikeln angewendet. Elektrofilter werden nicht bei der Herstellung von Dosen verwendet.
[76, TWG, 2004]

#### 15.4.5.3 Thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.2. VOC-Emissionen können effektiv durch Nachverbrennung des Abgases aus den Trocknern, die nach der Beschichtung und an den Druckpressen und nach anderen Druckvorgängen eingesetzt werden, gemindert werden. Zurückgewonnene Wärme kann zum Heizen von Spülwasser der Vorbehandlung verwendet werden, das ist in einigen Branchen Stand der Technik.

Diese Technik wird nach Trocknern angewendet. Ist aber weniger üblich beim Beschichtungs- und Bedruckungsschritt. Wird gewöhnlich nicht angewendet, wenn ein Lösemittelreduzierungsplan dazu geführt hat, dass wasserbasierte Materialien verwendet werden. Die Technik wird in den folgenden Bereichen angewendet:

- Herstellung von DWI-Dosen
- Herstellung von Metallverpackungen basierend auf der Bogentechnologie
- Herstellung von stranggepressten Aluminiumtuben
- Herstellung von Fässern.

[65, UKDEFRA, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 15.4.5.4 Katalytische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.6. Die Anwendung der katalytischen Nachverbrennung ist in Entwicklung.
[65, UKDEFRA, 2003]

#### 15.4.5.5 Adsorption an Aktivkohle

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.6. Adsorptionsräder können zur Vorbehandlung für die thermische Nachverbrennung verwendet werden. Wird bei der Herstellung von zweiteiligen Dosen (DWI) angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.5.6 Biologische Behandlung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.8. Die Anwendung der biologischen Behandlung ist in Entwicklung.
[65, UKDEFRA, 2003]

### 15.4.6 Abwasserbehandlung

#### 15.4.6.1 Flockung/Fällung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitte 20.12.1 und 20.12.2. Diese Technik wird allgemein zur Behandlung von Abwasser, das bei der Dosenreinigung anfällt, angewendet. Sie ist bei der DWI-Dosenherstellung Stand der Tecnik. Bei der Produktion von Stahldosen wird für Zinn eine Ablaufkonzentration von <2 bis zu einem Maximum von 4 mg/l berichtet.
[13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

#### 15.4.6.2 Ultra- und Nanofiltration

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.12.6. Diese Technik kann für die Behandlung von Abwasser, das bei den Vorbehandlungsprozessen folgender Bereiche anfällt, angewendet werden:

- Herstellung von DWI-Dosen
- Herstellung von Metallverpackungen basierend auf der Bogentechnologie
- Herstellung von stranggepressten Aluminiumtuben.

Sie wird derzeitig nicht zur Behandlung von Abwasser aus Betrieben der Dosenherstellung angewendet.
[76, TWG, 2004]

# 16 COATING OF PLASTIC WORKPIECES

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004, 171, May, 2006]

## 16.1 General information on the coating of plastic workpieces

A wide variety of modern products incorporate plastic parts, although many are used with the appropriate finish achieved in the moulding process, and do not require coating. In general, around 75 % of the paints supplied to this industry are applied to plastic parts of vehicles. This is predominantly for bumpers, wheel covers and steering wheels. The remaining 25 % of the paints are for coating TVs, hi-fis and computer housings.

The plastic parts coated for the vehicle industry include parts that are coated by the vehicle producer (in-line vehicle production or in separate coating lines), as well as parts that are coated by component suppliers. Plastic parts integrated in the car body often have to achieve a matching colour. Nowadays colour design is increasingly in the automotive sector, including the interior decoration, for example, colour matching the steering wheel to the instrument board or to the interior. In many cases, the car bodies and the components may be coated in different installations using different application devices and/or coating materials and good colour matching is of major importance.

Due to the increase in the use of recyclable plastics in the vehicle component supplier industry in recent years, the use of polyolefins has also greatly increased. These materials are non-polar and need a surface preparation to guarantee the necessary adhesion for the coating.

Plastics typically display certain basic characteristics, and these affect the type of surface preparation which can be applied, the type of coating which can be used, and the process used to apply it. Some basic characteristics of plastics are:

- resistant to mechanical or thermal stress
- chemically resistant
- electrically non-conducting
- additional wetting and adhesion properties compared to metal surface
- possibility of leakage or migration of the plastic ingredients.

Coating systems need to be chosen carefully with respect to the solvent they contain, as some aggressive solvents may cause swellings and embrittlements, may create cracks in the plastic or reduce the adhesive strength of the coating system. Also the coating needs to be more elastic than the substrate in order to resist deformations.

## 16.2 Applied processes and techniques in the coating of plastic workpieces

Generally in the serial coating of plastic parts, three issues need to be addressed:

- surface preparation
- structure of the coating
- coating system and application technique applied.

**Surface preparation**

Surface pretreatment may be applied to prepare the surface for the coating, e.g. to increase the adhesive properties of the surface (especially for applications of water-based coating systems), to activate the surface, to increase the electrical conductivity of the surface (e.g. for use with electrostatically supported application devices) or to reduce faults in the surface, e.g. created by the leakage of ingredients. Typical pretreatments include chemical pretreatments in baths; flame treatment; plasma processes; the corona technique; and fluoridation, which offers the advantages of one layer coating and enabling the parts to be stored for longer periods before being supplied for a following coating process.

**Structure of the coating system**
Depending on specific requirements two, three or four layers of paint may be necessary. A ground coat may also first be applied depending on the composite. On the surface of especially difficult surfaces such as polypropylene, an additional primer may be necessary. For soft PVC or PUR soft foam, an isolating or inhibiting ground coat is needed to avoid migration of the softener. In order to smooth surface roughness, an elastic filling is applied. The topcoating may be either one or two layers, and is also elastic.

**Coating system and application technique applied**
The choice of coating system and application technique depends on the end-product needs. In Germany, predominantly solvent-based 1- and 2-component systems based on PUR and 1-component paints based on acryl melamine are used, although water-based systems, UV cross-linking systems and powder coatings are also used.

Typically high pressure air spraying is used for wet paints. Depending on the workpiece's geometry, the application efficiency is between 20 and 40 %. The high volume low pressure (HVLP) paint application method is also common for some applications, with achievable application efficiency factors varying between 25 and 50 %. There is an increasing use of robots, as they allow a more homogenous layer thickness to be achieved compared to manual painting.

Electrostatic application techniques are also available but up to now have only been used for multilayer superstructures. Here, an electrically conducting ground coat is first applied with conventional spray guns, often followed by a base coat, also applied with conventional guns. The application of the clear coat layer can then be carried out electrostatically (e.g. by high rotating bells). Application efficiency factors can be greatly increased by using electrostatic techniques, e.g. if high rotating bells are used, application efficiency factors of up to 85 % can be achieved. In some cases, a maximum level of only 50 – 65 % transfer efficiency can be obtained (e.g. in the case of the complex parts of some processes in the automotive industry, for example the low conductivity of substrates in the case of plastic parts). However, the electrostatic coating technique cannot be used for single layer coatings, as it needs an electrically conducting pre-coat.

In general, drying and curing are carried out at a maximum temperature of 80 °C, due to the heat sensitiveness of the substrate. However, in certain cases, heat-up zones of up to 135 °C and hold zones of up to 110 °C can be reached. For some plastics, UV and electron beam curing may cause a yellowing of pale colourings.

The following spray booths and techniques are applied:

- simple spray booth
- spray booth and drier
- wet separation spray booth
- dry-separation spray booth
- water emulsion techniques in a spray booth
- paint-in-paint spray booth.

### 16.2.1 Coating of bumpers

An example of a simplified water-based bumper coating process is shown in Figure 16.1. The workpieces being coated consist of polyurethane moulded pulps and thermoplastic plastics.

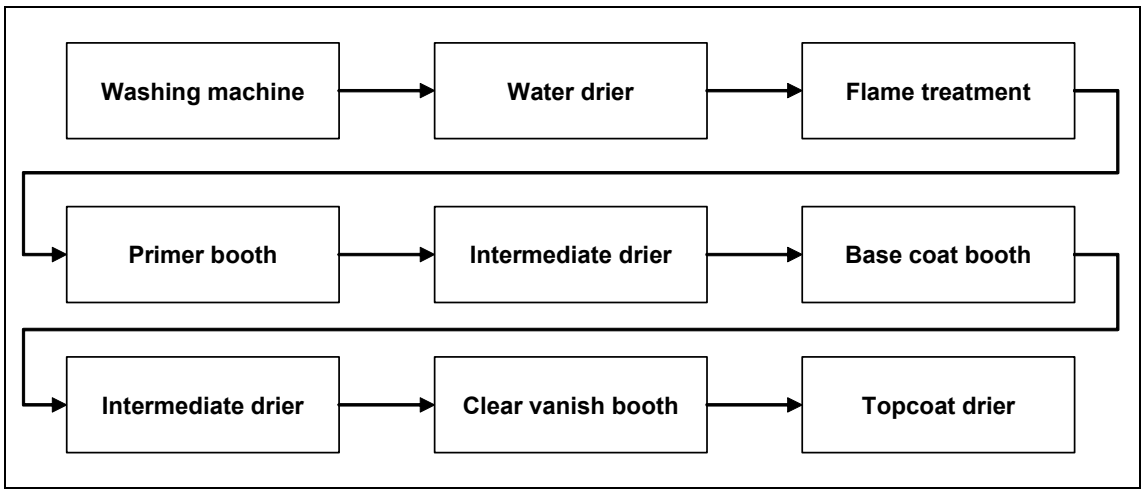


**Figure 16.1: Water-based bumper coating process**

**Surface preparation**
Different techniques can be used for the surface preparation. Often spray cleaning with water is carried out by automation, with the parts progressively passing through different zones, e.g:

- first degreasing with an aqueous-alkaline cleaning agent
- rinsing with water
- second degreasing with a watery, alkaline cleaning agent
- rinsing with water
- final rinsing with deionised water.

Spray cleaning with water and chemicals can be avoided for polypropylene bumpers by manually wiping the bumper with solvent impregnated wipes. In one example installation, the bumpers are cleaned manually with a water-isopropanol mixture (the proportion of isopropanol is 5 wt-%) and afterwards dried in convection driers.

Cascade rinsing is usually used, in order to reduce water consumption. The water discharging from the parts can be used for substitution of evaporation losses of the degreasing step. Also the deionised water can be recycled. These measures allow an almost waste water free surface preparation (with the exception of the waste water produced by the periodic emptying of tanks for cleaning). After the cleaning process, the parts are transported through a blowing, drying and cooling unit. If a condensation drier is used, the cooling unit is not necessary.

After drying, the workpiece's surfaces are typically activated by flame treatment or plasma ionisation. Polyurethane parts do not need any further preparation.

**Application of the coating**
In general, bumpers are coated with a three layer coating consisting of a ground coat, a base coat and a clear coat. The paint is applied by robots or manually by using electrostatically assisted spraying or by spraying with HVLP guns. First, a primer is applied to the plastic parts. Primer can be either solvent-based (e.g. solvent-based 2-component ground coating) or water-based. The primer may need to be dried (e.g. within a circulating airflow at 80 ºC) prior to the application of subsequent layers. Application of the base coat is carried out with the same technique as the ground coat. Where the base coat uses medium solids paint, the solvent proportion can be up to 70 %. Base coats are 1-component paint systems, either water-based or solvent-based. After the paint application, a conventional solvent-based 2-component clear coat is applied and evaporated. Additionally, wet-on-wet application can also be used eliminating the need for intermediary drying zones.

After evaporation, the paint layers are dried in the drier. Solvent-loaded exhaust air originating from the flashing-off areas and driers are captured and passed to a thermal treatment unit. The achieved efficiency factor may be 95 – 99 % (depending on the load to the combustion unit). For example, a concentration of 277 mg C/m³ in the raw exhaust gas is reduced to 25 mg C/m³ in the cleaned gas. Cleaning of the overspray is carried out via wet deposition. Table 16.1 below shows the proportions of solvents in different coating systems.

| Coating structure and systems | Solvent proportion (wt-%) |
|---|---|
| Ground coat | |
| • solvent-based | 40 – 55 |
| • water-based | 15 |
| Base coat | |
| • solvent-based | 50 |
| • water-based | 15 |
| Clear coat | |
| • solvent-based | 50 |
| • water-based | 30 |

**Table 16.1: Proportions of solvents in different coating systems used for the coating of bumpers**

### 16.2.2 Coating of wheel covers

The coating system for wheel covers is characterised by two layers. First a conventional or water-based metallic base coat and subsequently a conventional solvent-based 2-component clear coat or a UV clear coat are applied. The requirements for the coating include scratch resistance, water resistance and resistance against stone-chips, as well as a high surface quality. The coating is carried out by automation.

Figure 16.2 below illustrates the production procedure of wheel covers with solvent-based paints.

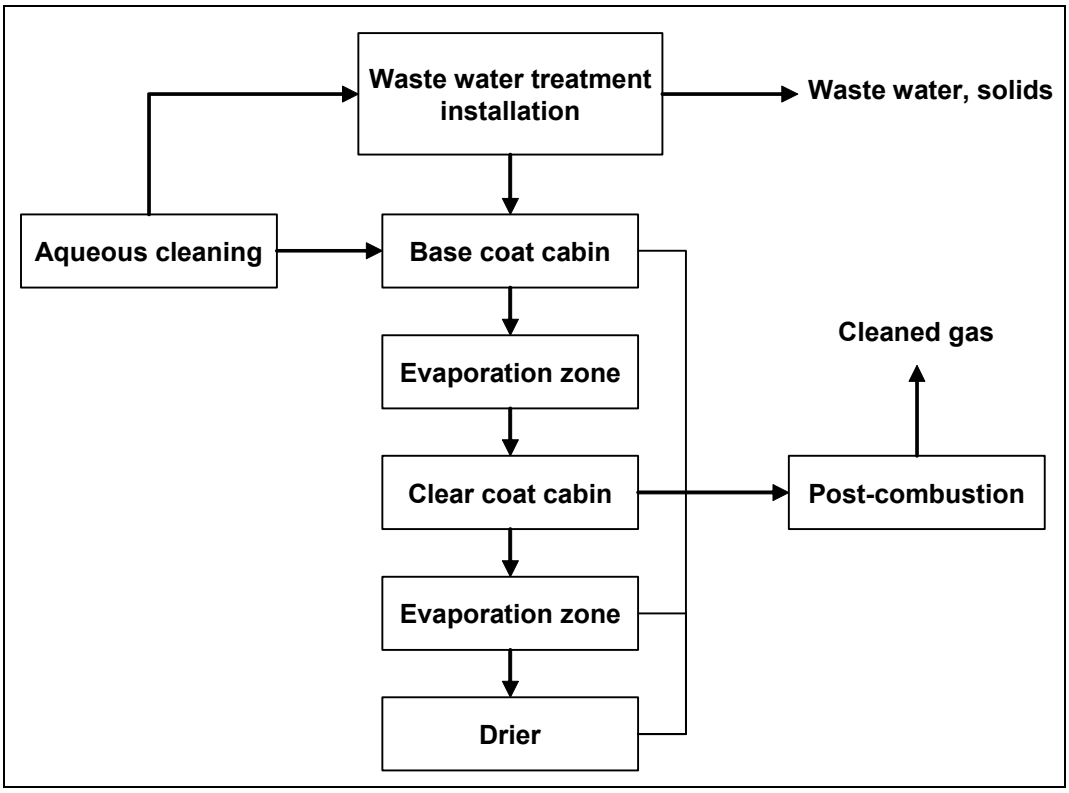


**Figure 16.2: Process flow for the coating of wheel covers with a conventional coating system**

Table 16.2 below compares some different systems in use.

| Coating structure and systems | Solvent proportion (% by weight) |
|---|---|
| Base coat | |
| • solvent-based | 75 |
| • water-dilutable | 10 |
| Clear coat | |
| • solvent-based | 50 |
| • UV curing | 10 |
| • water-dilutable | 16 |

**Table 16.2: Comparison of the proportions of solvent in coating systems applied for the coating of wheel covers**

### 16.2.3 Coating of steering wheels

For steering wheels, properties such as resistance against sun radiation, cleaning agents or sweat from hands have to be guaranteed by the coating. At present, steering wheels are typically coated by the in-mould technique. For this technique, a release agent is applied onto the heated mould and the in-mould coating is sprayed onto the release agent. In this way, the proportion of overspray and therefore the material loss is comparably low, approx. 20 %. After a short evaporation time, the mixed PUR components are poured in. During the foaming process within the closed mould, the material creates a strong connection with the coating. The applied coating has to be compatible with the mould release agent and to the polyurethane system used. Up to now, solvent-based 1 and 2-component coating systems have been in use.

### 16.2.4 Coating of reflectors

Reflectors require an extremely smooth and homogenous surface. The coating structure is a one layer type.

### 16.2.5 Coating in the production of TVs, hi-fis and computer housings

Nowadays, there is a trend in the audio and video sector for more colourful products and even individual customer requests regarding the colour design. The quality requirements for the coating of the housings include resistance against alcohols, skin fat, etc., scratch and abrasion resistance, and good optical surface properties. State-of-the-art is the serial use of water-based coatings, although solvent-based coating systems are still widely used. An application efficiency of 45 % can be achieved in the coating of TV housings, with the coating being carried out by automation.

## 16.3 Current consumption and emission levels in the coating of plastic workpieces

Due to the wide range of this chapter, it is not possible to give details of consumptions and emissions. They will depend on:

- the type of processes applied
- end-of-pipe treatments applied
- products

- volume of production.

This industry is classed as 'other coatings' in the SED [123, EC, 1999] (see Annex 24.6).

General information can be found with the appropriate techniques in Chapter 20.

## 16.3.1 Mass balances

Keine Daten übermittelt.

## 16.3.2 Consumptions

### 16.3.2.1 Materials

Data for paint consumption in g/m² are difficult to obtain due to (i) the different geometries of the workpieces and (ii) this is not the usual way of expressing paint and solvent application in this industry. (It would have to be expressed as g/$m^2$ painted surface and not e-coat surface as for vehicles, see Annex 24.5). It is more usual to express this as kg VOC/kg solids input (see Annex 24.2).

**Coating of bumpers**
For one example site in Germany (Volkswagen, Wolfsburg), in 2002 [171, May, 2006]:

- about 1 million bumpers were painted
- surface area (external side only): between 0.9 and 1.5 m²
- substrate: polypropylene with EPDM modification
- three layer coating system with primer, base coat and clear coat
- pneumatic atomisation of coating materials by spray-guns mounted on robots
- drying oven after primer and clear coat, wet-on-wet process for base coat and clear coat.

Solvent consumption figures in Table 16.3 refer to a mixed coating system with solvent-based primer, water-based base coat and solvent-based clear coat. The solvent used may increase by 20 % when medium solid paint is used. If a complete solventborne system was applied, the solvent consumption would amount to 550 t/yr. Consumption of paint solids would be 207 t/yr. VOC emissions according to EVABAT range between 51.75 and 72.45 t/yr. Emissions are 0.25 to 0.35 kg VOC/kg paint solids.

| Coating system | Solvent used*(t) | Totals solvents used |
|---|---|---|
| Ground coat (solvent-based) | 125 | |
| Base coat (water-based) | 31 | |
| Clear coat (solvent-based) | 84 | |
| **Total solvent in paint** | | 240 |
| Rinsing diluent ground coat | 61 | |
| Rinsing diluent base coat | 9 | |
| Rinsing diluent clear coat | 41 | |
| **Total rinsing diluent** | | 111 |
| **Total solvent used** | | 351 |
| Note:<br>* It has been reported that the solvent used may increase by 20 % when medium solid paint is used<br>If a complete solventborne system was applied, the solvent consumption would amount to 550 t/yr | | |

**Table 16.3: VOC use in 2000**
**[76, TWG, 2004]**

**Coating of truck cab roof tops and other plastic parts for commercial vehicles**
A jobbing coating shop in Germany reports the following data [171, May, 2006]:

- coating of about 30000 truck cab roof tops and complete plastic part sets per year
- surface area (external side only) between 6 and 11 m² per roof top
- substrate mostly fibre-reinforced SMC polyester.

The combination of techniques used is:

- predominantly two layer coating systems with primer surfacer and solid colour topcoat
- atomisation of coating materials by high-rotation bells mounted on robots, assisted by shaping air, but without electrostatic charging
- drying oven after topcoat, wet-on-wet process for solvent borne primer surfacer and topcoat.

In the case of the conventional medium solids system, solvent consumption was about 400 t/yr, and consumption of paint solids was (in 2005) 253 t/yr.

Due to specific technological requirements (i.e. covering of substrate defects, customer specification, wet-on-wet process), the jobcoater for plastic workpieces prefers to continue the use of solventborne coating materials. In the area of trucks and commercial vehicles, more than 95 % of objects are coated with single-layer topcoats instead of base coat/clear coat. The colour range is typically above 600, due to matching fleet colour schemes. This leads to a very high number of colour changes, including the purging of 5 to 7 m supply hoses for robots. As a consequence, large quantities of purging liquids are used (and recovered).

| Paint | Consumption kg/yr | VOC % | VOC kg/yr | Non-volatile % | Non-volatile kg/yr |
|---|---|---|---|---|---|
| Putty | 1000 | 8.5 | 85 | 91.5 | 915 |
| Sanding primer | 3900 | 29.5 | 1150 | 70.5 | 2750 |
| Primer surfacer | 88000 | 32.4 | 28512 | 67.6 | 59488 |
| Topcoat | 133000 | 42.2 | 56126 | 57.8 | 76874 |
| Elastic additive | 4100 | 22.3 | 914 | 77.7 | 3186 |
| Base coat | 5050 | 77.3 | 3904 | 22.7 | 1146 |
| Clear coat | 10400 | 54.0 | 5616 | 46.0 | 4784 |
| Hardener | 66300 | 54.5 | 36134 | 45.5 | 30166 |
| Diluant | 28600 | 100 | 28600 | 0 | 0 |
| Special products | 275 | 46.3 | 127 | 53.7 | 148 |
| Purge solvent | 137000 | 100 | 137000 | 0 | 0 |
| Structure topcoat | 22000 | 42.0 | 9240 | 58.0 | 12760 |
| Powder | 2000 | 0 | 0 | 100 | 2000 |
| **Total** | **501625** | | **307408** | | **194217** |

**Table 16.4: Breakdown of conventional VOC materials**

The option to achieve low VOC emissions would be the introduction of high solids and very high solids coating material and adapted purging liquid (see Table 16.5). This would give an emission value of 0.29 kg VOC/kg paint solids.

Low emission materials include:

- very high solids wet-on-wet primer surfacer
- high solids topcoats
- low VOC purging liquid (70 % organic materials not classified as VOC)
- additional low emission products (see Table 16.5).

| Coating material | Consumption kg | Solvent content % | Solvent content kg | Solid content % | Solid content kg |
|---|---|---|---|---|---|
| Putty | 600 | 8.5 | 51 | 91.5 | 549 |
| Wet-on-wet primer | 98985 | 15 | 15343 | 84.5 | 83642 |
| Sanding primer | 4260 | 29.5 | 1257 | 70.5 | 3003 |
| Primer surfacer | 140 | 56.7 | 79 | 43.3 | 61 |
| Topcoat | 150955 | 28.4 | 42871 | 71.6 | 108084 |
| Hardener | 49507 | 25 | 12376 | 75 | 37130 |
| Additive | 624 | 22.3 | 139 | 77.7 | 485 |
| Clear coat | 11027 | 37 | 4080 | 63 | 6947 |
| Base coat | 5226 | 9.5 | 496 | 23.7 | 1239 |
| Diluant | 27618 | 100 | 27618 | 0 | 0 |
| Structured coat | 17022 | 8 | 27618 | 54 | 9192 |
| Hardener | 2635 | 5 | 133 | 95 | 2505 |
| Special products | 255 | 46.3 | 118 | 53.7 | 137 |
| Purging liquid | 106311 | 30 | 31893 | 0 | 0 |
| **Total** | **475165** | | **137815** | | **252974** |
| Recovery | 197185 | 33 | 65071 | | |
| **Total VOC emission** | | | **72744** | | |

**Table 16.5: Breakdown of low VOC materials to achieve low VOC emissions**

#### 16.3.2.2 Water

No data submitted.

#### 16.3.2.3 Energy

No data submitted.

### 16.3.3 Emissions

The coating of plastics is one of the activities grouped in the industrial application of paints (see Chapter 13). This group of activities emits NMVOC originating from the use of paints containing solvents, thinners and cleaning solvents. NMVOC emissions from this sector may vary significantly from country to country. At an EU-25 level for 2000 (according to the RAINS model) NMVOC emissions were 543.8 kt representing 5.9% of total NMVOC emissions. Total activity is 1601 kt of paints used, average emission factor is about 339.6 g NMVOC/kg paint consumed meaning that emissions from this sector are already partly treated in EU-25 (unabated emission factors range between 690 and 750 g/kg of paint according to the sub-sector) [142, EGTEI, 2005].

### 16.3.3.1 Emissions to air

**Coating of bumpers**
Bumper paintshops are smaller than car paintshops, with correspondingly lower paint use.

Figure 16.3 shows the fate of the solvents in air emissions.

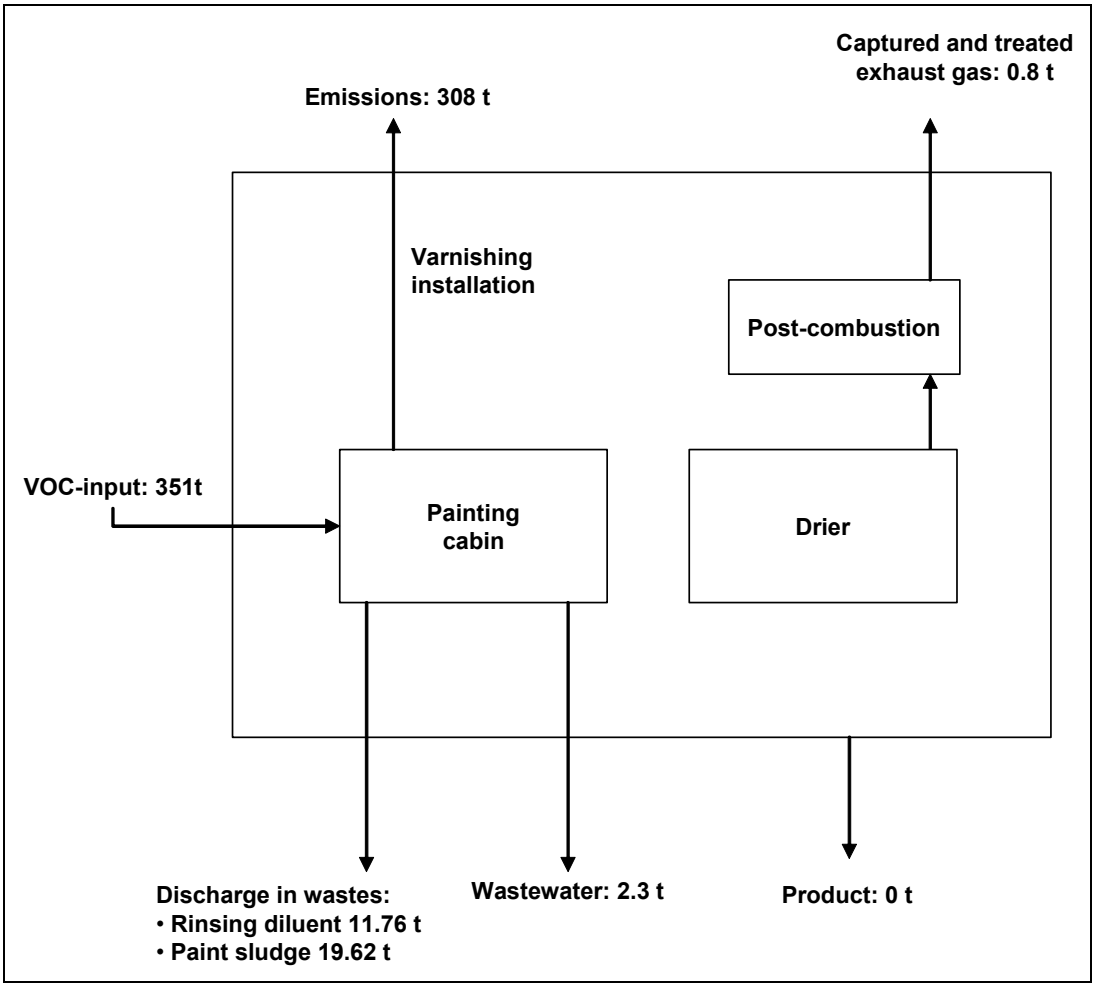


**Figure 16.3: Fate of the VOC input in the car bumper plant (2000, Volkswagen, Wolfsburg, Germany)**

**Coating of wheel covers**
The exhaust air from the spraying cabins, driers and evaporation zones is led to a post-combustion unit, and a cleaned gas concentration of 20 mg C/m³ can be achieved. The cleaning process is carried out with aqueous-alkaline cleaners.

### 16.3.3.2 Emissions to water

Paint particles are removed through wet scrubber systems. These systems are working in a closed loop, once to twice a year they are emptied and filled with fresh water. The waste water produced from the coating of bumpers is shown in Figure 16.3.

### 16.3.3.3 Waste

The wastes produced from the coating of bumpers are shown in Figure 16.3.

## 16.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken zu beachten sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch für die Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können für die Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken angewendet werden. Tabelle 16.6 zeigt die allgemein für die Serienlackierung von Kunststoffwerkstücken relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieser Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung bebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 16.6:Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

Die EGTEI-Zusammenfassung für den industriellen Auftrag von Lacken (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [142, EGTEI, 2005].

### 16.4.1 Minimierung des Rohstoffverbrauches

**Beschreibung:** Einige Techniken zur Minderung der Abfallmenge bei Lackierprozessen sind:

- die Optimierung des Lackierprozesses einschließlich der Automatisierung (siehe Abschnitt 20.2.5)
- Entwässerung des Lackschlammes
- Recycling des Lackschlammes oder der wässrigen Emulsion.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung der Abfallmenge, die durch den Prozess entsteht (z.B. Lackoverspray).

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Lackieren von Stoßstangen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Volkswagen, Wolfsburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [106, ACEA, 2005]

#### 16.4.1.1 Lackieren im Batchverfahren/ Farbblockbildung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.6. Diese Technik ist allgemein verbreitet bei der Lackierung von Stoßstangen.

Die Farbblockbildung kann den Verbrauch des Lackmaterials und des Spülverdünners mindern. Außerdem kann Spülverdünner aufgefangen und wiederverwendet werden. Ungefähr 66 Tonnen des Spülverdünners können so jedes Jahr eingespart werden, bei einer Rückgewinnungsquote von 90 %.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.1.2 Molchreinigungsverfahren

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.7. Diese Technik wird allgemein bei automatisierten Verfahren angewendet.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.1.3 Erhöhen der Anzahl der Hochrotationsglocken

**Beschreibung:** Eine zunehmende Anzahl von Hochrotationsglocken sind bei automatisierten Auftragstechniken für eine weitere Erhöhung des Auftragswirkungsgrades von wasserbasiertem Primer und Basislack in Gebrauch. Molchbare Ringleitungen werden in Anlagen mit automatischen Auftragstechniken verwendet, um Farbreste und Spülverluste zu minimieren.

**Erreichte Umweltvorteile:** Verringerung der erzeugten Abfallmenge.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Als Basislacke, werden bereits für wasserbasierte Lacke angewendet. Angewendung beim Lackieren von Stoßstangen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002]

### 16.4.2 Wassermanagement

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.5. Einige zu berücksichtigende Techniken sind die Verminderung der abzulassenden Reste aus den Spritzkabinentanks um den Wasserverbrauch und den Abwasseranfall zu reduzieren vor allem durch Verminderung des Lackschlammanfalls. Das Optimieren des Lackauftragswirkungsgrades verringert notwendige Wasserwechsel. Das Abwasser kann in einer Abwasserbehandlungsanlage behandelt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die o. g. Techniken können Emissionswerte erreichen, wie in Tabelle 16.7 aufgeführt.

| Abwasserparameter | Konzentration (mg/l) |
|---|---|
| gelöste Feststoffe | <1000 |
| BSB | <100 |
| CSB | <2500 |

**Tabelle 16.7: Abwasserablaufwerte aus Anlagen zum Lackieren von Kunststoffwerkstücken**

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Lackieren von Stoßstangen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [106, ACEA, 2005]

### 16.4.3 Konventionelle lösemittelbasierte Materialien

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.1. Lösemittelbasierte Lacksysteme werden als Grundierungen, Basislacke aber gewöhnlich auch als Klarlacke verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu wasserbasierten Systemen ist weniger Energie zur Trocknung erforderlich.

**Medienübergreifende Effekte:** Lösemittelbasierte Materialien erzeugen VOCs während der Trocknung, in vielen Fällen müssen diese behandelt werden.

**Betriebsdaten:** Lösemittelbasierte Lacke haben eine kürzere Trocknungszeit, und somit kann eine höhere Produktionskapazität erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Lenkräder werden gegenwärtig ausschließlich mit lösemittelbasierten 1- und 2-Komponenten-Lacken im sogenannten ‘In-Mould’-Verfahren beschichtet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Die kurzen Trockenzeiten sind ein wichtiger Aspekt zur Verwendenung von lösemittelbasierten Techniken. Gewöhnlich ist die Behandlung der VOC-Emissionen erforderlich, um die nationalen rechtlichen Anforderungen zu erfüllen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

## 16.4.4 Ersatz von lösemittelbasierten Materialien (Substitution)

### 16.4.4.1 Wasserbasierte Lacke

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Wasserbasierte Lacksysteme können als Grundierungen, Basislacke und manchmal für Klarlacke angewendet werden. Die folgenden wasserbasierten Lacksysteme werden allgemein angewendet:

- 1-Komponenten-Acrylatdispersion: 5 Gew.-% organische Lösemittel
- 2-Komponenten PUR-System: 10 – 15 Gew.-% organische Lösemittel
- 2-Komponenten Epoxydharz: 5 Gew.-% organische Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Menge an eingesetzten Lösemitteln kann um bis zu 48 % durch die Verwendung von wasserbasierten Grundierungen gemindert werden, und folglich können beim Beschichten von Stoßstangen die Lösemittelemissionen entsprechend reduziert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** In der Autozulieferindustrie werden bereits wasserbasierte Lacke als Füller und Basislacke benutzt, z.B. für Stoßstangen und Radkappen. Abhängig von den physikalischen Eigenschaften des Kunststoffs können wasserbasierte Lacke zu mechanischen Spannungen führen. Beim Lackieren von TV-, Hi-Fi und Computergehäusen werden wasserbasierte Lacke serienmäßig eingesetzt. Bei Lenkrädern sind wasserbasierte Lacke beim In-Mould-Verfahren gegenwärtig in der Testphase. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass leicht verlängerte Trocknungszeiten im Vergleich zu konventionellen Systemen notwendig sein werden, und deshalb sollte eine Integration in bestehende Prozesse möglich sein.

Die verbleibende Frage ist die Einführung eines wasserbasierten Klarlacks (50 % Feststoffgehalt, 13 % organischer Lösemittelgehalt). Erzeugnisse werden hergestellt und getestet, sind aber noch nicht freigegeben und im Handel. Das könnte zum Beispiel in einer Referenzanlage wie in Abschnitt 16.3.3.1 zu einer weiteren Minderung von 50 t/a an VOC-Emissionen führen. Erste Freigaben können für 2007 erwartet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004, 171, May, 2006]

### 16.4.4.2 Pulverlacke – konventionell getrocknet

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.6. Gegenwärtig werden Pulverlacke, die konventionell mit Konvektionstrocknern getrocknet werden, wegen der fehlenden elektrischen Leitfähigkeit und der Temperaturempfindlichkeit von Kunststoff nicht weit verbreitet angewendet. Es werden nur kleine Chargen von Kleinteilen beschichtet, wie z.B. Verbundteile aus Metall/Kunststoff bei Autokühlern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Entwicklung eines bei niedrigen Temperaturen härtenden Pulverlacks sieht vielversprechend aus.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.4.3 Strahlungshärtende Lacke

**Beschreibung**: Siehe Abschnitt 20.7.2.5. UV-härtende Lacke werden als Klarlacke angewendet, z.B. für Radkappen und enthalten 10 Gew.% organische Lösemittel. Eine fortschrittliche Technik ist die automatische Anwendung von UV-Strahlen während des Lackierens von Scheinwerfern, das Beschichtungssystem enthält 5 – 10 Gew.% organische Lösemittel. Eine andere relativ neue Industrieanwendung von UV-härtenden Pulvern ist das Beschichten von PVC-Fußbodenfliesen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wasserbasierte und lösemittelfreie strahlungshärtende Lacke erzeugen keine VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** UV-härtende Lacke können mit verschiedenen Techniken aufgetragen werden, wie z.B. Pinselauftrag, Rollen, Gießen, Spritzen und Vakuumbeschichten.

**Anwendbarkeit:** Die Lacke können für alle Lackschichten verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.4.4 Ein-Schicht-Lack nach der Fluorierung

**Beschreibung:** Wenn die Vorbehandlung der Kunststoffoberfläche durch eine Fluorierung erfolgt, kann der Füller teilweise überflüssig sein, da diese Technik bereits eine gleichmäßige Oberfläche unabhängig von der Geometrie des Werkstücks erzeugt.

Ein anderer Vorteil der Fluorierung ist, dass die fluorierten Teile eine lange Zeit gelagert werden können, bevor sie zu weiteren Lackierprozessen ausgeliefert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von VOC-Emissionen und von Lackiermaterial.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 16.4.5 Lackauftragstechniken und –anlagen

#### 16.4.5.1 In-Mould-Beschichten

**Beschreibung:** Diese Technik wird bei Lenkrädern angewendet, die aus 2-Komponenten-PUR-Material durch Gießen in eine Form hergestellt werden. Die Herstellung und das Beschichten des Rades werden gleichzeitig durchgeführt. Für das Beschichten des Rades wird ein Trennmittel auf die beheizte Form aufgetragen und das Beschichtungsmaterial wird auf das Trennmittel gesprüht. Nach einer kurzen Verdampfungszeit wird das PUR-Material für das Rad in die Form gegossen und die Form wird geschlossen. Der Aufschäumprozess des PUR beginnt, und gleichzeitig haftet das Beschichtungsmaterial am PUR.

Bisher wurden nur lösemittelbasierte Beschichtungsmaterialien verwendet, wasserbasierte In-Mould-Beschichtungssysteme sind noch in der Testphase.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Anteil an Overspray und damit der Materialverlust beträgt ungefähr 20 % des eingesetzten Materials.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.5.2 Konventionelles Hochdruck- und Niederdruck-Spritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.8. Typischerweise wird Druckspritzen mit dem Hochdruckverfahren für die Verarbeitung von Nasslacken verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig von der Geometrie des Werkstücks, kann Lackauftragswirkungsgrad zwischen 20 und 40 % variieren.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.5.3 Niederdruckspritzlackieren (HVLP)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.9.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig von der Geometrie des Werkstücks, kann der Lackauftragswirkungsgrad zwischen 25 und 50 % variieren.

**Betriebsdaten:** Zunehmend werden Spritzroboter verwendet, da mit diesem Verfahren insbesondere eine homogenere Schichtdicke im Vergleich zum Auftrag von Hand erreicht werden kann.

**Anwendbarkeit:** Für einige Anwendungen ist diese Technik üblich.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.5.4 Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.15.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es kann ein Auftragswirkungsgrad von bis zu 85 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Bisher können elektrostatische Beschichtungsverfahren nur für Einschichtlacke verwendet werden, da es nicht möglich ist, diese Methode für elektrisch leitende Unterschichten zu verwenden. Klarlacke werden gewöhnlich mittels Hochrotationsglocken aufgetragen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.5.5 Elektrostatisch unterstütztes Luftdruck-, Airless- und Airmixspritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.17. Üblicherweise wird zuerst ein elektrisch leitender Grundierlack mit einer konventionellen Spritzpistole aufgetragen. Danach wird der Basislack ebenfalls mit konventionellen Pistolen aufgetragen, z.B. erfolgt das Lackieren von Stoßstangen automatisch und manuell durch elektrostatisches Spritzen oder mit HVLP-Pistolen (Niederdruckspritzen).

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Bisher wurde dieses Verfahren ausschließlich für den mehrschichtigen Schichtaufbau verwendet. Gegenwärtige Untersuchungen zu dieser Anwendung haben gezeigt, dass das elektrostatische Lackieren von Kunststoffteilen teilweise unter Produktionsbedingungen ohne zusätzliche Arbeitsschritte und ohne das Auftragen von elektrisch leitenden Lackmaterialien möglich ist. Die Untersuchungen zeigten eine mögliche Minderung des Lackverbrauchs und Lösemittelverbrauchs von 40 – 55 %.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

#### 16.4.5.6 Verarbeiten von Pulverschichten – elektrostatisch unterstütztes Spritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.18. Pulverschichten können mit allen herkömmlichen Spritzauftragstechniken aufgebracht werden. Die besten Ergebnisse werden aber mittels elektrostatisch unterstützten Spritzens erreicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 16.4.6 Trocknen

#### 16.4.6.1 Konvektionstrockner

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.8.1.1. Nach dem Reinigungsprozess werden die Teile durch eine Einheit zum Abblasen, Trocknen und Kühlen transportiert. Teilweise werden Konvektionstrockner zur Entfernung von Wasserrückständen verwendet. Wird ein Konvektionstrockner verwendet, ist eine Kühleinheit nicht notwendig.

**Erreichte Umwelteffekte:** Ungefähr 25 % der verwendeten Energie kann eingespart werden im Vergleich zu einer Benutzung von konventionellen Trocknern, da eine energieintensive nachfolgende Kühlzone nicht erforderlich ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Konvektionstrockner werden allgemein beim Trocknen von Kunststoffstoßstangen eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.6.2 Härten mit Ultraviolett (UV) -Strahlung

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.8.2.3. Trocknung und Härten finden wegen der Temperaturempfindlichkeit des Substrates im Allgemeinen bei einer maximalen Temperatur von 80 °C statt. Eine der verwendeten Techniken ist der automatischen Auftrag eines UV-härtenden Lacksystems (mit einem Lösemittelanteil von rund 5 bis 10 Gew.-%).

**Erreichte Umwelteffekte:** Mit diesem Verfahren können die Lösemittelemissionen im Vergleich zu einem konventionellen Beschichtungssystem mit Lösemittelgehalten bis zu 70 Gew. % erheblich gemindert werden. Der Lackierprozess wird beschleunigt und die Qualität verbessert (Kratzfestigkeit, hohe Deckkraft). Durch den schnellen Härteprozess und die Temperaturbelastung während des Lackauftrags gibt es Platzeinsparungen und verminderten Energieverbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Bei einigen Kunststoffarten kann durch UV-Härten eine Vergilbung von hellen Farben auftreten.

**Anwendbarkeit:** Wird allgemein angewendet. Zum Beispiel wird das Verfahren zum Lackieren von Scheinwerfern angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.6.3 Elektronenstrahlhärten

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.8.2.4. Trocknung und Härten finden wegen der Temperatur-empfindlichkeit des Substrates allgemein bei einer maximalen Temperatur von 80 °C statt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Bei einigen Kunststoffarten kann durch Elektronenstrahlhärten eine Vergilbung bei hellen Farben auftreten.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Dieses Verfahren wird gegenwärtig wegen der hohen Investitionskosten nur beim Materialdurchsatz von großen Oberflächen genutzt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.6.4 Verwenden von Kondensationstrocknern (Haftwassertrockner)

**Beschreibung:** Kondensationstrockner können für das Trocknen von Schichten von wasserbasierten Lacksystemen verwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Ungefähr 25 % der verwendeten Energie kann eingespart werden im Vergleich zu einer Benutzung von konventionellen Trocknern, da eine nachfolgende Kühlzone nicht erforderlich ist. Wird das deionisierte Wasser im Kreislauf verwendet, kann ein Anfall von Abwasser in der Reinigungseinheit vermieden werden. Ebenfalls kann der Verbrauch von Frischwasser durch Verwenden von Kaskaden verringert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 16.4.7 Abgasbehandlung

#### 16.4.7.1 Elektrostatische Filter

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.7. Wird bei Spritzkabinen verwendet. Es sind aber keine Informationen zur Verfügung gestellt worden, wie das Abgas behandelt wird.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.7.2 Partikelabscheidung mit Venturiwäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.5 Verwendet bei Spritzkabinen mit Nassabscheidung. Es sind aber keine Informationen zur Verfügung gestellt worden, wie das Abwasser und das Abgas behandelt werden.

[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 16.4.7.3 Gaswäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.8. Verwendet bei Spritzkabinen mit Trockenabscheidern. Es sind aber keine Informationen zur Verfügung gestellt worden, wie das Abgas behandelt wird.

[13, DFIU and IFARE, 2002].

### 16.4.7.4 Behandlung des Abgases aus den Lackierkabinen

**Beschreibung:** Das Abgas aus den Lackierkabinen kann gefasst und behandelt werden. Eine effektive VOC-Emissionsminderung kann durch das Fassen und die Behandlung der Abgasströme der Lackierkabinen erreicht werden (siehe Abschnitt 20.11.2.1).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Das System ist ziemlich uneffektiv wegen der großen Luftvolumina und der relativ geringen VOC-Konzentrationen, die behandelt werden müssen – insbesondere beim Handauftrag, wo große Luftvolumina aus Arbeitsschutzgründen erforderlich sind.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Wird wegen der erforderlichen Abgaserfassung und der benötigten Energie für die Absaugung und eine mögliche Stützfeuerung als teures Verfahren dargestellt.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie und andere Vorschriften. In einigen Mitgliedsstaaten können die Emissionsgrenzwerte ohne die Notwendigkeit einer Abgasbehandlung als eingehalten angesehen werden.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

### 16.4.7.5 Aufkonzentration und Umluftführung der Kabinenluft

**Beschreibung:** Einige Hersteller von Kunststoffteilen bevorzugen die weitere Verwendung von lösemittelbasierten Lackiermaterialien. Grund sind spezielle technische Anforderungen (z.B. Eigenschaften des Kunststoffsubstrates, Kundenwünsche, Flexibilität bei der Anwendung, Möglichkeit der Nutzung von Lack-in-Lack-Prozessen).

Um das Erreichen geringer Lösemittelkonzentrationen zu unterstützen, werden in der Kunststoffbeschichtungsbranche die Abgasströme mittels eines Adsorptionsrades außerhalb zusammengefasst (siehe Abschnitt 20.11.3.2). Sie nutzen auch die Umluftführung in Spritzkabinen mit automatischem Lackauftrag.

Die Abluft von Spritzkabinen (typischerweise 40000 bis 80000 m³/h) wird nach intensiver Filtration im Kreislauf geführt (gewöhnlich über einen Venturiwäscher und einen zusätzlichen Filterschritt), es werden Staubkonzentrationen von unter 0.1 mg/m³ erreicht, um optische Oberflächenfehler auf den Werkstücken zu verhindern. Durch Wiederaufheizen der Abluft nach dem Wäscher können stabile Klimabedingungen erreicht werden (rund 70 % relative Luftfeuchtigkeit). Erreicht man eine 90 bis 95 %-ige Umluftführung, steigt die Lösemittelkonzentration in der Spritzkabine auf das 10- bis 20-fache (typisch ist von 250 mg/m³ auf 2.5 g/m³). Dann muss die Lösemittelkonzentration aus Sicherheitsgründen (um ausreichend unterhalb der unteren Explosionsgrenze zu bleiben) und aus technischen Gründen (Einfluss auf die Verdampfung von Lösemitteln von der Werkstückoberfläche) überwacht werden. 5 bis 10 % des Umluftvolumens werden zur Behandlung geführt. Das geringe Abluftvolumen und der hohe Lösemittelgehalt sind gute Voraussetzungen für eine thermische Nachverbrennung

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Die Rezirkulation des Abluftstromes mit zunehmender Lösemittelkonzentration ist nur für Anlagen geeignet, die eine effektive Kapselung der Spritzkabinen ermöglichen (kleine Einlass- und Auslassöffnungen), bei denen der Auftrag mit automatischen Anlagen erfolgt und bei Werkstücken ohne Innenvolumen. Das Verfahren ist deshalb nicht geeignet für Autokarosserien, LKW-Kabinen und ähnliche Objekte. Wo es anwendbar ist, können rund 90 % VOC-Emissionen gemindert werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Geminderte Kosten für thermische Behandlung; durch geringere Volumen und höhere VOC-Konzentrationen werden autotherme Bedingungen erreicht.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Siehe Betriebsdaten oben.

**Beispielbetriebe:** Volkswagen, Wolfsburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [171, May, 2006]

#### 16.4.7.6 Thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.2. Werden lösemittelbasierte Lacke verwendet, wird das Abgas aus den Trocknern normalerweise in einer Nachverbrennungsanlage behandelt. Das Abgas aus den Lackierkabinen wird gewöhnlich nicht in einer Nachverbrennungsanlage behandelt. Beim Lackieren von Radkappen mit konventionellen lösemittelbasierten Lacken wird aber das Abgas aus den Spritzkabinen, den Trocknern und der Abdunstzone einer Nachverbrennungsanlage zugeführt. Eine Reingaskonzentration von 20 mg C/$m^3$ wird erreicht. Das Erfassen der Abgase nur aus den Trocknern umfasst 10 - 30 %der gesamten VOC-Emissionen.
[13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004]

#### 16.4.7.7 Biologische Behandlung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.8.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 16.4.8 Abwasserbehandlung

#### 16.4.8.1 Ultra- und Nanofiltration

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.12.6. Spritzkabinen mit Nassabscheidung können mit einer Ultrafiltrationseinheit zur Abscheidung des Lackmaterials ausgerüstet und benutzt werden, das dann recycelt werden kann.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

# 17 COATING OF FURNITURE AND WOOD MATERIALS

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [107, VDI, 2005] [128, TWG, 2005]

## 17.1 General information on the coating of furniture and wood materials

Wood is a natural raw material characterised by its inhomogeneity and anisotropy, and which displays irregular properties in terms of surface structures, the varying contents of different substances (e.g. waxes, water, resins), and variable electrical resistance. Wood fibres often have the characteristic that they swell-up and become erect under the influence of liquids (in particular, with water). Wooden surfaces are coated, in order to conserve or strengthen the colour, surface structure and/or porosity. The coating is applied to provide, for example, resistance against:

- chemical impacts
- mechanical stress
- climatic impacts
- staining.

Currently, the wood and furniture industry is facing new market requirements, as complicated product geometry and higher qualities (e.g. colour variety, new surface effects) are demanded. To meet these expanding requirements, spray application techniques are increasingly being utilised.

This industry is characterised by a strong predominance of medium-sized companies, with 75 % of enterprises having less than 100 employees. In Germany, the following enterprises exist:

- 45000 joineries (with an average of 4.5 employees)
- 1500 wood and wooden furniture paintshops (with an average of 75 employees)
- approx. 8 very large enterprises with more than 1000 employees.

In the German wood and furniture industry, more than 80000 tonnes of paints were processed in 1999, with approx. 60 % being used in industrial applications and the remaining 40 % being consumed by handicraft enterprises. Over the past few years, the processed amounts of paints have slightly decreased, and it is expected that this trend will continue in the future. This is due to a number of reasons, including the shifting of production capacities to Eastern Europe, the increasing utilisation of plastic films for the surface design, a continuing reduction of the coating layer thickness and the increasing use of paints with high solids content.

Over the last few years, the level of automation of paint application in the furniture industry has increased significantly, mainly due to increasing quality, efficiency and environmental requirements.

A variety of materials are processed and coated in the wood and furniture industry. These can be distinguished in a number of fields of applications:

- exterior construction, fittings and furniture
- interior construction, fittings and furniture
- commercial and public applications, e.g. schools
- domestic applications
- wet applications, e.g. for swimming pools, saunas, kitchen and bathrooms.

## 17.2 Applied processes and techniques in the coating of furniture and wood materials

The application of coating materials for wood and wood materials involves:

- pretreatment of the wood surface
- application of a base coat
- application of a topcoat
- application of the paint
- flashing-off and drying/curing.

Depending on the desired surface structure (i.e. open or closed cell pore structure), different paint systems may be used. If the wooden grains need to be visible, e.g. for solid wood or veneer, uncoloured paints (i.e. clear coats), oils and waxes are used. For example, medium dense fibre (MDF) panels are coated with pigment paints of the desired colour. If pigment paint systems are used, a barrier layer is applied before the base coat, which restricts permeation of paint to the wooden sub-surface and allows a more uniform paint layer to be applied.

### 17.2.1 Pretreatment of the wood surface

Due to irregular growth and the varying surface structure, and because of the differing content of certain substances such as resin or wax, proper pretreatment of the surface to be coated is essential. This pretreatment can address different aspects of the wood, such as the existing surface flatness, removal of working marks, treatment of colour differences, unevenness, fibre erections, cracks, boughs, as well as wood moisture. Typical pretreatment techniques include:

- mechanical pretreatment, e.g. sanding
- colouring methods, such as:
  - staining
  - glazing
  - bleaching.

For some special kinds of wood, it is necessary to use chemical cleaning processes which utilise soap solutions, ammonia or organic solvents, together with a sanding technique for the disposal of paint incompatible wood substances such as resin and wax.

**Sanding**
Usually for ideal paint results, wood and wooden base materials need an intermediate sanding to be applied after the application of a base coat or after staining or the application of other paint layers, since an erection of wood fibres is caused by the interaction with fluids. This kind of napping of the wooden surface is especially significant when water-based paint systems are used.

**Staining**
The aim of staining is to change the colour of the wood to a darker colouring. The wooden structure and the pore structure respectively remain the same. Depending on the applied type of staining, the drying time varies considerably. Stains are suspensions of pigments or solutions of dyes in water or organic solvents. The most commonly applied stain is solvent-based. If chemical stains such as, for example, 1-component positive stains are used; longer residence times have to be taken into account. If water-based stains are processed, the swelling and roughening of the wood (napping) has to be allowed for. Also combinations of water-dilutable organic solvents and water can be used (combi-stains). The traditionally applied stain is a water-based material. The compositions of some different types of stains are listed in Table 17.1 below:

| | Water content (%) | Content of organic solvents (%) | Proportion of pigments (%) |
|---|---|---|---|
| Water-based stain | up to 95 | 0 | up to 15 |
| Solvent-based stain | 0 | 85 – 95 | 5 – 15* |
| Combi-stain | 65 – 70 | 25 – 30 | 5 |
| Note:<br>* In some roller applications, the proportion of pigments may be up to 15 % | | | |

**Table 17.1: Composition of different types of wood stains**
**[76, TWG, 2004]**

Application is either carried out manually (with sponge, brush, rolls, spraying) or is automated (automated spray applications, rolling, foam rubber rolls). Subsequent drying takes place at ambient temperatures or in convection driers, flat driers or jet driers.

**Glazing**
Modern glazes are high liquid wood covers based on lacquer resins. The materials achieve a good penetration of the wood and often contain water repellents and fungicide ingredients to improve the wood. They may be colourless or may be pigmented with different colourings. Different materials are used for outdoor and indoor usage. Glazes without fungicides, as well as colourless wood glazes, are only suitable for indoor usage.

**Bleaching**
In general, bleaching brightens the wood colour. Sometimes it is necessary to bleach several times, for example if maple is used. For bleaching, hydrogen peroxide (30 – 35 %) and several additives or radiation are used. The impact time has to be adjusted to the desired effects. As bleaching splits off oxygen, a sufficient drying is necessary in order to avoid blistering. Bleaching is also used for wood with non light-resistant colourings such as cherry or rosewood. After bleaching, staining with highly light resistant pigments is used to reproduce the original wood colouring. If PUR coating systems are used, the curing agent has to be peroxide-resistant.

### 17.2.2 Application of a base coat

Base coat material needs to be suitable for sanding down. Application techniques include:

- spraying (manually or automatically; conventional, airless, air assisted airless (so-called ‘airmix’) and electrostatically assisted)
- casting
- rolling (e.g. using a UV curing lacquer suitable for rolling)
- dipping (only for special workpieces).

After drying of the pretreatment stage, sanding (with material of an appropriate grain size) takes place before a colourless base coat is applied. Afterwards the surface is sanded again before a topcoat is applied. In some cases, a wooden structure is printed directly onto the base coat. As the substrate, mainly simple veneers are used or alternatively, the surface to be coated may already incorporate a coloured base coat/stopper.

### 17.2.3 Application of a topcoat

For the coating of wood and wood materials, paints, foils or other panel-like coating materials, as well as textiles or leathers are used. Some specific coatings are:

- nitro cellulose paint (NC) sometimes called cellulose nitrate paint (CN)
- acid curing paints
- polyurethane paints (PUR)
- unsaturated polyester paints (UP):
  - open-cell UP materials
  - thick-film layer systems
- water-based paints
- powder coatings
- alkyd paints/glazes
- combined/mixed paint systems
- waterborne UV lacquers
- 100 % UV lacquers.

The same application techniques are used as described in Section 17.2.2.

Table 17.2 itemises the main properties of the most commonly used wood stains and paints.

| Wood stain or paint type | Proportion of solvent (%) | Proportion of water (%) | Components | Type of reaction | Catalyst | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wood stain**<br>• solvent-based<br>– type a)<br>– type b)<br>– type c)<br>• water-based | <br><br>95<br>70<br>25 – 30<br>0 | <br><br>0<br>25 – 30<br>70 – 80<br>85 – 95 | | | | Organic solvents;<br>water-dilutable solvents;<br>combi-wood stain;<br>water-dilutable solvents;<br>napping of wood |
| **NC paint (CN paint)**<br>• uncoloured<br>• pigmented | <br>approx. 75<br>approx. 60 | <br>0<br>0 | Collodium wool<br>(cellulose nitrate) | Physical drying | | Surface resistance with limited usability |
| **Acid curing paint**<br>• 2-component; uncoloured<br>• 2 component, pigmented<br>• 1-component; uncoloured | <br>40 – 50<br>20 – 30<br>20 – 30 | | Alkyde-melamine urea resins<br>polyoles | Forced drying | Acid | Older paint systems emitted formaldehyde;<br>high resistance |
| **PUR paint**<br>• uncoloured<br>• pigmented<br>• medium solid; uncoloured | <br>65 – 70<br>36 – 60<br>40 – 50 | <br>0<br>0<br>0 | Isocyanates;<br>acrylates; polyesters | Addition reaction<br>(physico-chemical) | | Generally 2-component materials; high resistance |
| **UP paint**<br>• conventional<br>• containing paraffin<br>• free of paraffin<br>• UV curing<br>– rolling lacquer<br>– stopper<br>• UP-spraying paint<br>– uncoloured<br>– UV curing | <br>approx. 35 (15)<br>approx. 35 (15)<br>approx. 35 (15)<br>approx. 35 (15)<br>approx. 20 (20)<br>approx. 20 (10)<br><br>65 – 70<br>65 – 70 | <br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br><br>0<br>0 | Polyester, unsaturated<br>(organo-metallic materials) | Polymerisation<br>• heat<br>• radiation | Organic peroxides<br><br><br><br>UV radiation;<br>photo initiator | Component systems;<br>for infrared curing UP coatings, pre-drying and curing times have to be allowed for |
| **Acrylate paint**<br>• UV curing<br>– rolling lacquer<br>– spraying paint open cell structure<br>• electron beam curing | <br>2 – 40<br>2 – 10<br>65 – 70<br><br>2 – 5 | | Polyacrylate,<br>unsaturated | Electron beam | Photo initiator | |

| Wood stain or paint type | Proportion of solvent (%) | Proportion of water (%) | Components | Type of reaction | Catalyst | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Water-based paint**<br>• conventional drying<br>• UV curing<br>• PUR, 2-component | 5 – 7<br>approx. 2<br>approx. 9 | 60 – 65<br>58 – 60<br>60 – 65 | | Physically drying; polymerisation; addition reaction | UV radiation | Napping of the wood; longer drying times; possibly application of UV base coat followed by a water-based paint application; UV curing water-based paint is becoming more and more significant. UV coating can only be applied where flat pieces can be coated separately and coating is done before the piece of furniture in assembled |
| **Powder coating**<br>• conventional drying<br>• UV curing | 0 | 0 | Epoxy resins<br>Polyester-acrylate resins | Addition and condensation | UV radiation | Powder coatings with conventional convection drying are not suitable for the coating of wood at present. Application systems exist only for the coating of MDF |
| **Alkyde resin paints** | 10 – 80 | 0 | Alkyde resins | Oxidation in air physico-chemical drying | Organo-metallic compounds | Organic solvents |
| Note (1) data in brackets means the solvent content emitted as % of the coating | | | | | | |

**Table 17.2: Overview of the properties of wood stains and paints**
**[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

### 17.2.4 Application of the paint

The following application techniques are used for wood and wood materials:

- painting, rolling
- manual spraying (partly also using electrostatically assisted processes)
- automated spraying (partly also using electrostatically assisted processes)
- automated spraying with or without the recycling of overspray (partly also using electrostatically assisted processes)
- rolling
- vacumat technique
- filling with stoppers
- curtain coating
- dipping/flooding
- printing.

Besides manual spray applications, spraying installations or spraying machines equipped with 2-component dispensing units are in use in the furniture industry. Table 17.3 lists the achievable application efficiency factors.

| Application technique | Efficiency factor (1) | Remarks |
|---|---|---|
| Painting, rolling | 95 – 100 | Reduced uniformity of surface |
| Spraying, conventional | 30 – 60 | High amount of overspray |
| Spraying, HVLP | 40 – 75 | Application of low viscous wood stains, increasing use also for other paint systems |
| Hot spraying | 40 – 60 | Application of paints with a high solids content, also applicable for hot wax spraying |
| Airless spray application | 40 – 75 | Bundling of sprayed material |
| Air assisted airless technique | 35 – 50 | Bundling of sprayed material |
| Spraying, electrostatically assisted wet lacquer | 50 – 70 | Electrical conductivity has to be considered |
| Spraying, electrostatically assisted powder | 80 – 95 | Electrical conductivity has to be considered. Currently, only applicable for the coating of MDF (only a few applications) |
| Curtain coating | 95 | Limited by workpiece's geometry |
| Rolling | 95 | Limited by workpiece's geometry |
| Vacumat technique | 95 | Only applicable for narrow parts and edges, water-based paints and UV curing materials with a high solids content, also the workpiece's geometry has to be considered |
| (1) Depending on the occupancy rate and geometry of the workpieces, etc. | | |

**Table 17.3: Achievable application efficiency factors**
**[13, DFIU and IFARE, 2002]**

### 17.2.5 Flashing off and drying/curing

Drying/curing of the paint layer requires an intense flashing-off. The flashing-off takes place in special installations that are generally located upstream of the driers. For water-based paints, the humidity of the evaporating air needs to be taken into account to enable a sufficient drying.

Some specific drying processes applied (some more commonly applied than others) are:

- through-circulation drier with dehumidification
- convection driers
- infrared systems:
  - thermal reactors
  - near infrared drying (NIR drying)
- UV radiation drying
- microwave
- high frequency driers (HF driers)
- X-ray curing.

### 17.2.6 Examples of some coating processes

**Coating of chairs**
In most of the cases, the first layer used for coating chairs is solvent-based to minimise raising the grain. Chairs made of beech wood are generally coated with a colouring wood stain or a glaze first. After pre-sanding, a first layer of a water-based coat (120 g/m$^2$) is applied. The material dries at ambient temperature or via forced drying. After a second sanding, a second layer of water-based paint (120 g/m$^2$) is applied and subsequently dried. The electrostatically assisted spray application of water-based paints is usually used for the coating of chairs due to their geometry. Thus the overspray and, therefore, the amount of paint and the VOC emissions are reduced.

**Coating of window frames**
Compared with other sectors of the wood industry, the coating of wooden windows is often still carried out manually. As the wood surfaces of windows have to resist weather influences and blue stain infestation, up to four coating layers are partly necessary to achieve sufficient resistance. Both the grinding and the drying processes are very demanding with respect to time and work. The use of water-based paints (e.g. acrylate paints) for the coating of windows is state-of-the-art in Germany, although solvent-based coating systems (e.g. alkyd paints) are also used. Water-based paints show a lower wet adhesion compared to conventional solvent-based paints.

Flooding is a widely used application technique for the coating of pressed frameworks for wood preservation and base coating. Here, the topcoat is applied via spray application in one or two layers in the form of a water-based paint system. Due to the workpiece's geometry, a high amount of overspray is generated even if an electrostatically assisted spraying process is used. To reduce costs and environmental impacts, lacquer recovery installations are utilised. Furthermore, the spraying booths are equipped with a dry separation of overspray in order to avoid coagulation or disposal of paint sludge.

**Coating of high quality furniture**
[128, TWG, 2005]

The following process steps are carried out for the coating of high quality furniture:

1. sanding and removal of dust
2. adaptation of colour, e.g. by staining
3. sanding and removal of dust
4. base layer
5. sanding and removal of dust
6. top layer.

The second step is mostly by (manual) spraying, steps 4 and 6 also mostly by spraying. UV curing paints are rarely used in the coating of high quality furniture. The main reason is because it can only be applied where flat panels can be coated separately and coating is done before the piece of furniture is assembled. However, if the pieces of the furniture are not yet assembled, it is possible to use UV-based coatings, and hence another type of application than spraying (mostly by rolling).

At least one German company (Rippert GmbH) and one Finnish company (Tikkurila Coatings Oy) have separately developed a UV curing method, which utilises UV curing under inert atmosphere. With this method it is possible to cure UV lacquers and UV paints on 3D components and on assembled chairs. Equipment and coatings are commercially available.

For furniture made of solid pieces of wood (whose surfaces are oiled or waxed) destined for kitchens, bedrooms, living rooms and children's rooms, the following processes are generally carried out:

1. the pre-sanded furniture parts are treated with smoothing brushes
2. after dedusting, the oil is applied onto the wood surface with a spraying machine
3. subsequently the oiled workpieces are brushed
4. a hot wax is applied via spraying
5. the waxed surface is brushed
6. the workpieces are turned over and processes 1 – 5 above are repeated.

**Powder coating of MDF panels**
Powder application onto MDF panels for the production of TV units and office furniture is carried out without previous priming. The entire plant length for preheating, coating, curing and cooling is significantly shorter than for a conventional plant, as coating takes place in a single working cycle.

Due to the very low electrical conductivity of MDF, the plates are preheated up to 60 - 70 °C before the powder is applied via corona spray guns. At this temperature, the powder particles adhere to the MDF surface creating a consolidated coating that is subsequently dried by UV radiation. Grinding processes following the respective drying steps are not required.

Due to the recycling and re-use of powder, significant cost savings can be achieved. However, this application technique is only applicable for certain colourings and surface structures.

**Coating of wooden kitchen and bathroom furniture**
Kitchen and bathroom furniture is made of solid pieces of wood (e.g. oak, beech, maple, stone pine, and cherry) and wood materials (e.g. MDF) and coated. For painting, wet paint systems are used exclusively with a significant proportion of water-dilutable UV paint as well as water- or solvent-based wood stains. At present, solvent-based polyester and PUR paint is only applied in small amounts, partly for the painting of spare parts. Wood stains are applied via automated roller coating heads. Conversion to water-dilutable UV curing paints for base and topcoats was undertaken for environmental, labour protection and technological reasons and in order to reduce the fire hazard. The applied materials have a solvent proportion of 1 - 2.5 % by weight. The coating is mainly carried out in fully automated installations. The material is applied via compressed air spraying. The overspray is collected (via doctor blades) and re-used.

Paint particles of the exhaust air are separated dry. In general, the paint system consists of two layers. The base coat surface can be sanded before the topcoat is applied. Due to the use of water-dilutable UV curing paints, the amounts of emitted solvents are very low and amount, even in big installations, to less than 10 kg/h. Exhaust gas cleaning with regard to VOC is therefore not in use. The exhaust air is emitted directly via a stack. Cleaning agents are recycled via distillation.

### 17.2.7 Finishing with solid coating substances

Solid coating substances are materials which are pressed in the solid state onto panel-like or profiled workpieces. They may be veneers, sheets, papers or laminates.

**Veneers**
Veneers are thin sheets of wood having a thickness of about 0.5 to 2 mm and are applied to the base panels by exposing them to temperature and pressure in presses. Standard adhesives are urea-formaldehyde (UF) resins and polyvinyl acetate (PVAC) glues.

**Sheets, papers or laminates**
These are applied to the base panels using various adhesives by exposing them to temperatures and pressure using surface presses, membrane presses and roller presses. This process is termed lamination. Standard adhesives are glues composed of ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) for decorative papers and sheets, and urea-formaldehyde (UF) adhesive resins and polyvinyl acetate (PVAC) glues for laminates.

**Adhesives and glues**
PVAC glues contain water, the polyvinylacetate binders and organic solvents (generally up to 3 % by mass of butyl or ethyl acetate) and the amounts applied are approximately 120 g/m$^2$. During drying, water and not more than 3.6 g of solvent are emitted per m$^2$.

UF resins contain urea-formaldehyde resin, possible extenders, catalysts and water. The so-called ‘free formaldehyde’ component of the adhesive is between 0.1 and 0.5 % by mass, most of which is incorporated during curing. The amounts applied are approximately 100 g/m$^2$. During curing, water and formaldehyde which has not been incorporated are emitted.

EVA glues contain ethylene vinyl acetate copolymer, water and, in some cases, up to 3 % by mass of organic solvents, generally ethanol and toluene. The amounts applied are approximately 90 g/m$^2$. During drying, water and, if they are present, up to 2.7 g of organic solvents are emitted per m$^2$.

## 17.3 Current consumption and emission levels in the coating of furniture and wood materials

For the coating of furniture and wood materials the main issue for air pollution control is the emission of VOCs. Wastes and waste water generation, as well as energy consumption are also issues.

### 17.3.1 Mass balances

No data submitted.

### 17.3.2 Consumptions

#### 17.3.2.1 Materials

Table 17.4 below itemises the applied quantities of paint materials for different application techniques:

| Application technique | Quantity ($g/m^2$) | Remarks |
|---|---|---|
| Rolling | 25 – 60 | |
| Curtain coating | 60 – 250 | In exceptional cases up to 500 $g/m^2$ |
| Dipping | 60 – 200 | |
| Flooding | 60 – 200 | |
| Spraying | Up to 250 | Material losses due to low efficiency |
| Printing | 1 – 2 | |

**Table 17.4: Quantities of paint materials applied in different application techniques [13, DFIU and IFARE, 2002]**

Table 17.5 below gives examples of the amounts of paint and solvent applied on average in each different production sector.

| Product | Coating process | Amount of paint ($g/m^2$) | Amount of solvent ($g/m^2$) |
|---|---|---|---|
| MDF panels | 1. base coat, water-based, roller application<br>2. water-based, roller application<br>3. printing ink, water-based<br>4. AC paint via roller application, UV curing*<br>Drying: convection driers or UV driers | 80 | 3 |
| Stairs | 1. parquet seal, water-based<br>2. grinding<br>3. parquet seal, water-based or solvent-based, spray application of one or two layers<br>4. hot spraying<br>Drying: at ambient temperature, convection driers or infrared drying | 180 | 12 |
| Bedroom furniture | 1. spray application of two layers of pigmented water-based or solvent-based paints, with intermediate sanding<br>2. lime paste, spray application<br>3. grinding<br>4. colourless, water-based paints, spray application<br>Drying: at ambient temperature, tray system driers | 150 | 9 |
| Doors | 1. base coat, water-based, roller application<br>2. wood stain, roller application<br>3. AC base coat via roller application, UV curing*<br>4. grinding<br>5. two layers of AC paint via roller application, UV curing*<br>Drying: convection driers or UV driers | 60 | 10 |
| Tables | 1. combi-stains, spray application<br>2. AC base coat via roller application, UV curing (3 layers)<br>3. grinding<br>4. AC paint via roller application, UV curing<br>Drying: at ambient temperature | 100 | 30 |
| Living room furniture | 1. natural oil, hot spraying<br>Drying: at ambient temperature<br>2. grinding<br>3. solvent-based products (for assembled products), UV-based for flat pieces natural wax with hot spraying (infrequent)<br>Drying: infrared-curing<br>4. polishing | 23<br><br>55 | 0<br><br>9 |
| Note:<br>* Solvent-based products are still widely used. In many cases in the furniture industry, UV curing coatings are used, especially for flat pieces, which are nearly all UV cured. | | | |

**Table 17.5: Applied paints and amounts of organic solvents: examples of different applications in the wood and furniture industry [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

#### 17.3.2.2 Water

No data submitted.

#### 17.3.2.3 Energy

No data submitted.

### 17.3.3 Emissions

#### 17.3.3.1 Emissions to air

Table 17.6 summarises some VOC emissions for various painting systems.

| Application technique | Solvent content (wt-%) | Emission reduction measures | VOC emission ($g/m^2$)* |
|---|---|---|---|
| Paint system with high organic solvent proportion and spraying | 65 | None | 80 – 100 |
| Paint system with a high organic solvent proportion | 65 | Application techniques with an increased efficiency factor (rolling, flooding, dipping, electrostatically assisted spraying, airless spraying) and good housekeeping | 40 – 60 |
| Paint system with a medium solvent content | 20 | Same as above | 10 – 20 |
| Paint system with a low organic solvent content | 5 | Same as above | 2 – 5 |
| *Note: these figures depend on the amount of material used and the rate of application. The figures given are for usual rates of application and are a guide only. | | | |

**Table 17.6: Specific VOC emissions for various paint systems and, some, with primary emission reduction measures**
**[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]**

#### 17.3.3.2 Emissions to water

The volume of generated waste water in the coating of wood is generally very small, since the process water circulates in a closed loop. When using water-based coatings (some of them tested nowadays), a significant amount of waste water is generated, which, in some cases, overflows the closed loop capacity of the spray installation.

#### 17.3.3.3 Waste

Especially for the coating of profiled, wooden workpieces, the base and topcoat are applied via spray applications. Thereby, losses via overspray are generated within the spraying booths in one of two waste forms:

- if wet separation is applied, the overspray forms paint sludge. The paint sludge then consists of paint particles, small amounts of organic solvents, coagulation agents and water. Paint sludge is generally regarded as a waste that needs monitoring. In general, the material is used as a fuel in special refuse combustors
- if the overspray is separated dry, contaminated glass fibre filter mats have to be disposed of. As soon as a specific minimum velocity of the airflow is reached, the filter mats have to be replaced. The filter mats, now contaminated with dried paint particles, generally do not need monitoring and can be used as a fuel in regular waste incineration plants.

Mixed 2-component paints cannot be recycled and are disposed of. The solvents are recovered from non-cured paints. In addition, contaminated solvents are generated from the cleaning of application devices, conveyer systems, paint pipelines, spray booths and others. In general, cleaning agents used in the wood industry are recycled via distillation and can be used as recycled cleaning agents. The distillation generates paint leftovers in solid, liquid or paste-like forms. Contaminated solvent, solids from distillation, dried 2K paint and other residues and leftovers that are not re-used are disposed of, usually as hazardous waste.

Hazardous properties of paint sludge from paint overspray have been analysed and in many cases, there is a lack of overall background data on wastes. Therefore, co-operation between paint or lacquer producers, waste producers, environmental authorities, and waste researchers and laboratories is very important. For example, in one study in Finland, the formaldehyde concentrations were analysed based on information received from the producers of paints and lacquers. This provided the essential information for overall assessment of the chemical and ecotoxicological hazard of residues studied. The results confirmed the benefit of combining chemical and ecotoxicological assays in assessing the potential environmental hazard of complex organic mixtures found in paint residue wastes. The pretreatment studies showed that the amount of residues could be minimised by reducing the liquid content of water-curtain-booth residues, and the hazard was decreased by changing the raw materials in the spray painting process to paints and lacquers that contain less harmful solvents. The results also proved that landfilling is not a suitable method of disposal for the paint residues produced in the furniture industry. For these types of organic wastes, a better alternative method of treatment could be incineration. The information of the ecotoxicological and leaching properties of excess paint residues produced in different spray painting processes helped paint producers to develop their products and makes it possible for furniture producers to choose environmentally safer products. Furthermore, this hazard-screening approach will help furniture producers to improve the surface paint process of furniture making in order to minimise the amount and hazard of the wastes produced.

## 17.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT zur Beschichtung von Möbeln und Holzwerkstoffen zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Beschichtung von Möbeln und Holzwerkstoffen anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können für die Beschichtung von Möbeln und Holzwerkstoffen angewendet werden. Tabelle 17.7 zeigt die allgemein bei der Beschichtung von Möbeln und Holzwerkstoffen relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieses Sektors mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

Die EGTEI-Zusammenfassung für das Beschichten von Holz (siehe Annex 24.1.1) gibt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen für den europäischen Raum an. Die EGTEI-Betrachtungsweise muss aber zwangsläufig die Komplexität begrenzen, dort sind nur Schlüsseltechniken beschrieben ohne die Berücksichtigung von anderen BVT-Faktoren, wie medienübergreifenden Effekten oder technischen Besonderheiten einzelner Anlagen oder Produkte [140, EGTEI, 2005].

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 17.7: Referenz auf Techniken, die allgemein in dieser Branche angewendet werden**

## 17.4.1 Vermindern des Rohstoffverbrauchs

### 17.4.1.1 Lackieren im Batchverfahren/Farbbündelung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.6.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 17.4.1.2 Molchtechniken

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.7. In der Möbelindustrie gibt es eine wachsende Nachfrage nach individuellen und mit speziellen Lacken lackierten Möbeln und daraus folgend die Anwendung des Molchreinigungsverfahrens.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

### 17.4.1.3 Online- Mischanlagen für 2-Komponenten-Produkte

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.6.3.1. Diese Technik wir allgemein angewendet.
[63, Vito, 2003] [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 17.4.2 Konventionelle lösemittelbasierte Beschichtunsstoffe

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.1. Nitrocelluloselack ist der klassische lösemittelbasierte Möbellack. Es werden aber im Allgemeinen auch Polyesterlacke, Alkydlacke und Polyurethanlacke angewendet. Alkydlacke werden bevorzugt für Lasuren bei Außenanwendungen verwendet. Lasuren sind transparente Lacksysteme, die die Wirkung der Holzoberfläche verstärken sollen. Die Lasuren können aber auch wasserbasiert sein.

Konventionelle lösemittelbasierte Lacke enthalten die folgenden Gewichtanteile an Lösemittel:

- Beize: 95 % organische Lösemittel
- Beize: 70 % organische Lösemittel, 30 % Wasser
- Grundierung und Decklack: bis zu 80 % organische Lösemittel.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu wasserbasierten Systemen ist weniger Energie zur Trocknung erforderlich.

**Medienübergreifende Effekte:** Hohe VOC-Emissionen.

**Betriebsdaten:** Lösemittelbasierte Lacke haben eine kürzere Trockenzeit, und deshalb kann eine höhere Produktionskapazität erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** kurze Trockenzeiten sind ein wichtiger Aspekt bei Verwendung von lösemittelbasierten Verfahren.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 17.4.3 Ersatz von lösemittelbasierten Beschichtunsstoffen (Substitution)

#### 17.4.3.1 Wasserlacke

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.3. Die folgenden wasserbasierten Lacksysteme werden angewendet:

- Beize: 0 % organische Lösemittel
- Beize: 25 - 30 % organische Lösemittel
- Grundierung und Decklack: 5 - 7 % organische Lösemittel; konventionelles Trocknungsverfahren.

Es werden auch wasserbasierte UV-härtende Lacke (rund 2 % organische Lösemittel) und 2-Komponenten-Lacke auf Polyurethanbasis (rund 9 % organische Lösemittel) angewendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche VOC-Minderungen.

**Medienübergreifende Effekte:** Um eine glatte Oberfläche nach jedem Lackschritt zu erhalten, ist ein extra Schleifen und Polieren häufig erforderlich. Das erzeugt mehr Abfall, und mehr Rohstoffe werden verbraucht.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** 2-Komponentenlacke werden weitverbreitet beim Lackieren von z.B. beständigen Oberflächen, wie Bodenbeschichtungen und Küchenfronten, angewendet.

Die Anwendung von Wasserlacken hängt vom verwendeten Produkt, der Oberfläche, der Grundierschicht (Primer), dem Auftragsverfahren und der gewünschten 'Endqualität', der Hochwertigkeit der zur Verfügung stehenden Produkte und dem Produktionssegment, das die Firma anstrebt, ab. Gegenwärtig stehen hochqualitative Lacke nicht ausreichend zur Verfügung.

**Wirtschaftlichkeit:** Die folgenden Investitionen können notwendig sein:

- Forcierte Trocknung (gewöhnlich die größte Investition)
- Es wird zusätzlicher Platz für die Trockner und auch größere Zwischenlagerung für lackierte Werkstücke zwischen sich wiederholenden Arbeitsgängen benötigt.
- Apparaturen zur Lagerung der Lacke, Werkzeugbedienanlagen aus rostfreiem Stahl usw., wogegen Standardstahlarten für lösemittelbasierte Lacke verwendet werden können.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

#### 17.4.3.2 Pulverlacke - konventionell getrocknet

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.6. Für MDF– und HDF-Platten (mittel- und hochdichte Faserplatten) werden konventionell trocknende Pulverlacke eingesetzt. Sie sind gegenwärtig beim Lackieren von Holz nicht anwendbar, da hohe Temperaturen für das Trocknen benötigt werden und eine geringe Oberflächenqualität erreicht wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Der Pulverauftrag auf MDF-Platten zur Herstellung von Fernseh- und Büromöbeln wird ohne vorherigen Primerauftrag durchgeführt. Die gesamte Länge der Anlage ist für Vorheizung, das Beschichten, das Härten und Kühlen deutlich geringer als bei einer konventionellen Anlage: Beschichtet wird in einem einzelnen Arbeitsgang. Die Schleifvorgänge nach den jeweiligen Trocknungsschritten entfallen vollständig.

Wegen ihrer sehr geringen elektrischen Leitfähigkeit werden die MDF-Platten auf 60 bis 70 °C erwärmt, bevor der Pulverlack mit elektrostatisch unterstützten Spritzpistolen aufgetragen wird. Bei diesen Temperaturen haften die Lackpartikel an der MDF-Oberfläche und bilden eine kompakte Lackschicht, die anschließend UV-getrocknet wird.

Niedertemperatur-Pulverlacke, die allgemein für Holzsubstrate geeignet sind, werden z.B. in Schweden und Großbritannien angewendet. Dieses Verfahren wird nicht allgemein angewendet.

Das Wiederverwenden von Overspray ist wegen kurzer Produktionsläufe und häufigen Farbwechseln, wie sie oft in der Möbelherstellung auftreten, nicht möglich.

**Anwendbarkeit:** Nur bei MDF verwendet und für geringqualitative Teile. Nicht geeignet zum Lackieren von Vollholz oder Furnieren.

**Wirtschaftlichkeit:** Durch Recycling und Wiederverwenden von Pulver können erhebliche Kosteneinsparungen erreicht werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Stilexo Industrial, UK.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005] [63, Vito, 2003]

#### 17.4.3.3 UV-Strahlungshärtende Lacke

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.2.5.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wasserbasierte und lösemittelfreie strahlungshärtende Lacke erzeugen keine VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** UV-härtende Lacke können mit einigen unterschiedlichen Verfahren, wie Streichen, Rollen, Gießen, Spritzen und Vakuumbeschichten aufgetragen werden.

**Anwendbarkeit:** UV-härtende wasserbasierte Lacke werden gegenwärtig nicht weitverbreitet eingesetzt, aber zunehmend zur Möbel- und Holzlackierung angewendet. UV-härtende wasserbasierte Lacke werden zum Lackieren von Stühlen, Kastenmöbeln, Büro- und Küchenmöbeln, Zimmertüren, Platten, Spanplatten für Wohn- und Schlafzimmermöbel usw. eingesetzt. Diese Lacke können für alle Lackschichten benutzt werden. UV-härtende Produkte sind da möglich, wo flache Platten einzeln beschichtet werden können und das vor dem Zusammenbau der einzelnen Möbelteile erfolgt. Es gibt einige Anwendungen von UV-härtenden Lacken bei Tischlereiarbeiten und Fertigplatten. Die Verwendung von Infrarot-trocknenden Produkten ist weniger bekannt.

Zumindest eine deutsche und eine finnische Firma haben separat eine UV-härtende Methode entwickelt, die die UV-Härtung unter Inertgasatmosphäre durchführt. Mit dieser Methode ist es möglich UV-Lacke und UV-Farben auf 3-dimensionalen Stücken, wie zusammengebauten Stühlen, zu härten. Anlagen und Lacke sind kommerziell erhältlich.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Für 3-dimensionale Beschichtungen: Rippert GmbH, Deutschland, Tikkurila Coatings Oy, Finland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]
Für 3D-Beschichtung: RadTech 2005 Konferenzbericht, www.tikkurila.fi.

### 17.4.4 Lackauftrags- und Versorgungstechniken

#### 17.4.4.1 Auftrag von Füller/Spachtel mit Gegenlaufwalzenmaschinen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.1. Wird allgemein für Fülleraufrag verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Wirkungsgrad ist dabei sehr hoch. In Abhängigkeit vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen kann eine Materialeffizienz von 90 – 100 % erreicht werden. Zusätzlich können Materialeinsparungen von bis zu 40 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Beim Verwenden des normalen Rollenauftrages werden in den meisten Fällen gute Ergebnisse erzielt einschließlich auf kleinporigen Oberflächen.

In 2002 entstand ein zunehmender Bedarf an der Lackierung von kleinporigen Untergründen wie z.B. Buche-, Ahorn-, Birne-, Birke-, und Kirschhölzern. Für die höchste Qualität an Furnieren war das bisher nur mit konventionellem Walzauftrag oder Spritzauftrag möglich. Die Verwendung von beheizten Spachtelwalzen zum Auftragen des Basislacks zeigt erhebliche Vorteile. Dadurch wird der Auftrag von Füller und das Schpachteln von porösen Oberflächen ohne den Auftrag von Zusatzmaterial möglich. Risse in der Oberfläche des Furniers und geklebte Stöße, unbehandelte Spanplatten, MDF-Platten und andere Platten aus Holzmaterialien können damit auch mit Füller beschichtet werden. Dadurch erhält man eine glattere Oberfläche, und das Holz erhält ein verfülltes und glattes Erscheinungsbild.
Diese Vorteile werden durch gegenläufig rotierende beheizte Walzen zum Schpachteln, die den UV-Lack auf die Werkstückoberfläche mittels Auftragswalzen aufbringen, erzeugt. Auf diese Art wird der Lack auf die Werkstückoberfläche aufgetragen. Poren, Furnierrisse und Splisse werden auf diese Art gefüllt. Das Beheizen der Schpachtelwalzen stellt sicher, das die Kohäsion innerhalb der Lackschicht gemindert ist, so dass das Material in den verfüllten Poren verbleibt. Zusätzlich zeigt das Lackiermaterial bessere Fließeigenschaften und bildet eine glatte und gleichmäßige Schicht.

**Anwendbarkeit:** Allgemein werden Walzenverfahren zum Auftrag von wasserverdünnbaren Lacken und UV-Lacken, die mit UV-Strahlung gehärtet werden können, benutzt. Hauptsächlich werden sie auf flache Werkstücke aufgetragen, es können aber auch leicht gebogene Produkte, wie z.B. Holzplatten verarbeitet werden. Es können Auftragsgewichte von 20 bis 60 g/m$^2$ in Abhängigkeit von der Art der Maschine verarbeitet werden. Mit Gegenlaufbeschichtungs-anlagen kann nur auf flache Werkstücke aufgetragen werden, und deshalb werden sie hauptsächlich für Holzwerkstoffplatten verwendet. Bei gebogenen Oberflächen wird die Spachtelmasse mit Handwerkzeugen, wie Spachteln, aufgetragen.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine Leichtbau-Spachtelmaschine, die zum Beschichten von Holz und Möbeln verwendet wird und eine Arbeitsbreite von 1,3 Metern hat, kostete im Jahr 2000 bei einer installierten elektrischen Leistung von 5,5 kW 55.000 €. Eine zum Beschichten von Holz und Möbeln benutzte Maschine, die z.B. eine Arbeitsbreite von 1,3 Metern hat, mit Schaumstoffwalzen arbeitet und eine elektrische Leistung von 3 kW hat, kostet 30.000 €. Eine Maschine, die mit zwei Walzen aufträgt (Doppelsystem) bei gleicher Arbeitsbreite und 6 kW elektrischer Leistung kostet 60.000 €. Die beiden letzten Beispiele sind aus dem Jahr 2005.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 17.4.4.2 Gießen (Vorhangbeschichten)

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.2. Gießen wird allgemein für das Lackieren von Türen, Wandelementen und anderen Platten verwendet. Meistens werden lösemittelfreie Lacke auf Polyesterbasis verwendet, aber auch andere Lackmaterialarten können verarbeitet werden. Das Vorhanggießen kann eine hohe Qualität in Bezug auf die Gleichmäßigkeit der Schichten erreichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig vom Werkstück und den Prozessbedingungen können Materialauftragswirkungsgrade von rund 90 - 98 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Im Vergleich zum Walzen müssen die Holzwerkstücke nicht absolut flach sein. Innerhalb des Vorhangbeschichters wird das Lackiermaterial in einen Vorlagetank gepumpt, von wo aus der Lack in Form eines feinen laminaren Films abgelassen wird. Die zu beschichtenden Werkstücke werden durch diesen Vorhang geschickt. Überschüssiger Lack wird in einem Vorratsbehälter gesammelt und in den Vorlagetank zurück gepumpt. Es wird ein Wirkungsgrad von ungefähr 95 % erreicht. Alle Arten von Lacken können mit diesem Verfahren aufgetragen werden.

**Anwendbarkeit:** Bei diesem Gießverfahren werden flache oder nahezu flache Werkstück beschichtet. In Abhängigkeit von der Art der Anlage können Gewichte von 60 – 250 g/m$^2$ aufgetragen werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine Gießanlage für das Beschichten von Holz und Möbeln mit einer Arbeitsbreite von 1,3 Metern und einer installierten elektrischen Leistung von 3 kW kostet 35.000 € (Jahr 2000).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [128, TWG, 2005]

#### 17.4.4.3 Konventionelles Tauchen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.3. Das konventionelle Tauchverfahren wird im Allgemeinen für das Beschichten von Fenstern in der Serienproduktion verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Vorteile des Tauchens sind, dass es mit sehr hoher Effizienz von nahezu 100 % arbeitet, eine komplette Beschichtung von Werkstücken ( die äußere als auch die innere Oberfläche), es ist sehr kosteneffektiv, hat eine hohe Produktionskapazität und gute Möglichkeiten für eine Automatisierung. Es werden aber auch Bandbreiten für Wirkungsgrade von 80 - 90 % berichtet.

**Medienübergreifende Effekte:** Im Vergleich zum Spritzauftrag erhält man dickere Lackschichten, die schließlich zu einem höheren Verbrauch an Rohstoffen führen.

**Betriebsdaten:** Die Werkstücke werden entweder von Hand getaucht oder auf einem Transportband transportiert und getaucht. Das Tauchen in Wasserlack kann zur Schaumbildung führen. Wasserlacke sind nur in einem kleinen pH-Bereich stabil und deshalb sehr empfindlich gegenüber Verunreinigungen, die aus dem Vorbehandlungsprozess ausgeschleppt worden sein können. Ein Trockenschritt nach der Vorbehandlung, wie auch Reinigungsprozesse sind bei der Anwendung von Wasserlacken meist nicht notwendig. Der Tauchtank muss mit einem Mixer, einer Kreislaufpumpe mit Filter und einer Temperaturregelung ausgestattet sein.

Es können Gewichte von 60 – 200 g/m$^2$ aufgetragen werden.

**Anwendbarkeit:** Es ist anwendbar bei der Serienproduktion von sperrigen Artikeln, die in einer einzigen Farbe ohne Farbwechsel beschichtet werden. Es sind nur 1-Komponenten-Lacksysteme anwendbar.

Das Verfahren ist nicht anwendbar bei offenporigen Oberflächenstrukturen der zu beschichtenden Produkte. Meist können auch keine Möbelteile beschichtet werden, die unterschiedlich genutzt werden (z.B. Fronten, Innenseiten, Rückseiten) und keine Profile (Kanten) (keine Porenbildung möglich) wegen einer nachteiligen Dehnung des Profils.

**Wirtschaftlichkeit:** Dieses Verfahren ist kosteneffektiv.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

#### 17.4.4.4 Fluten

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.5.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen, kann ein Wirkungsgrad von 95 - 99 % erreicht werden. Im Vergleich zum Tauchauftrag sind die Verdunstungsverluste höher.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** In Flutungsanlagen werden die Werkstücke mittels eines Transportbandes in einen geschlossenen Kanal transportiert. Dort werden die Werkstücke mit dem Lackmaterial über Einspritzrohre geflutet. Der Überschusslack wird am Boden des Kanals aufgenommen und wiederverwendet.

Es können Auftragsgewichte von 60 – 200 g/m$^2$ verarbeitet werden.

**Anwendbarkeit:** Der Prozess ist für Holzwerkstücke, die die Tendenz zum Schwimmen haben, geeignet. Anwendbar für die Serienproduktion von großen Werkstücken mit großen Oberflächenausdehnungen ohne häufige Farbwechsel.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 17.4.4.5 Vakuumbeschichten

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.6.

**Erreichte Umwelteffekte:** In Abhängigkeit vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen kann ein Wirkungsgrad von 80 - 100 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Das Vakuumbeschichten kann bei Holz nur angewendet werden, wenn es das Vakuum aushalten kann. Um das zu testen, wird ein Holzstück einem Unerdruck ausgesetzt (z.B. $<10^{-6}$ bar). Das Holz ist nicht für das Vakuumbeschichten geeignet, wenn der Druck um einige $10^{-6}$ bar pro Minute ansteigt.

Neben Wasserlacken wurde das Vakuumbeschichten auch jüngst mit UV-härtenden Lacken auf Holz und Holzverbundstoffen angewendet.

**Anwendbarkeit:** Vakuumbeschichten wird allgemein zum Lackieren von MDF-Platten, Vollholz, Furnieren, Profilen aus Papierverbundstoffen, Glasfenstern, Sockelleisten und Panelen für Decken und Wände verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** In einem tatsächlichen Fall führte der Wechsel vom luftunterstützten Airlessspritzen von Wasserlacken mit Infrarottrocknung zum Vakuumbeschichten mit UV-härtenden Lacken zu jährlichen Einsparungen von 262.000 €. Die Maschinenkosten betrugen 140.000 €. Die Amortisationszeit war weniger als 2 Jahre. Ergebnisse waren das Vermeiden von VOC-Emissionen (14 t/a) und Abfall (der 100 t/a ausmachte), und das Material der UV-härtenden Lacke wurde zu 100 % ausgenutzt (in 2003).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** True Temper Hardware Company, Pennsylvania, US, Herstellung von Holzbeinen und Griffen.

**Referenzliteratur:** [63, Vito, 2003], [76, TWG, 2004]

#### 17.4.4.6 Konventionelles Hochdruck- und Niederdruckspritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.8. Das Spritzen mit komprimierter Luft wird z.B. für den Auftrag von wasserbasierten UV-härtenden Lacken (1 – 2.5 Gew.-% organische Lösemittel) in automatischen Anlagen für das Beschichten von Küchen- und Badezimmermöbeln angewendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Rohstoffverbrauch ist sehr hoch (siehe Wirkungsgrad bei Betriebsdaten unten).

**Betriebsdaten:** Mit diesem Verfahren können alle Oberflächen beschichtet werden, und es wird eine hohe Oberflächenqualität erreicht.

**Anwendbarkeit:** Der Wirkungsgrad variiert von rund 5 % für gitterartige Werkstücke bis zu 30 bis 60 % für Werkstücke mit größeren Oberflächenausdehnungen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Weitverbreitet. Steht für den Status Quo.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 17.4.4.7 Niederdruckspritzlackieren (HVLP)

Siehe Abschnitt 20.7.3.9. Dies wird allgemein für niedrig-viskose Holzbeizen und zunehmend für andere Lacksysteme verwendet. [13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 17.4.4.8 Elektrostatisch unterstütztes Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren

**Beschreibung:** Bei diesem Verfahren wird der Lack in einem elektrischen Feld zerstäubt, siehe Abschnitt 20.7.3.17. Elektrostatisch unterstützte Spritzverfahren können besser ausgenutzt werden, wenn Materialien mit höherer elektrischer Leitfähigkeit verarbeitet werden, wie Vollholz für die Produktion von Fenstern, Stühlen und Regale.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Der Effekt des Faradayschen Käfigs macht es den Farbpartikeln unmöglich, Hohlräume zu erreichen. Die Feuchtigkeit des Holzes muss mindestens 10 % erreichen, um eine ausreichende Leitfähigkeit des Werkstücks zu erreichen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [147, Presti, 2005]

#### 17.4.4.9 Pulverbeschichtung- elektrostatisch unterstütztes Spritzen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.3.18. Pulverbeschichtungen können mit allen üblichen Auftragsverfahren angewendet werden. Die besten Ergebnisse werden aber mit dem elektrostatisch unterstützten Spritzen erzielt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wegen der sehr geringen elektrischen Leitfähigkeit von MDF werden die Platten auf 60 bis 70 ºC vorgeheizt, bevor das Pulver mit elektrostatisch unterstütztem Spritzen aufgetragen wird. Bei dieser Temperatur haften die Pulverpartikel auf der MDF-Oberfläche und bilden eine Lackschicht, die sich verfestigt und nachfolgend mit UV-Strahlung getrocknet wird.

**Anwendbarkeit:** Wird allgemein angewendet, wenn Pulverlack zum Beschichten von Möbeln und Holz verwendet wird.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 17.4.5 Spritzkabinen

#### 17.4.5.1 Kabinen mit Nassabscheidung

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.4.1. Das ist eine Spritzkabine aus Edelstahl, die mit einer Wassersprühanlagen an der Rückseite und eventuell an den Seiten zum Absorbieren des Oversprays ausgestattet ist. Diese werden normalerweise mit Kaskadenspülung ausgestattet und betrieben, oder das Wasser wird in einer Flotationsanlage mit Lackrückgewinnung zirkuliert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Erwerbskosten für eine Spritzkabine mit Nassabscheidung mit einer Kapazität von 13 kW und 7000 $m^3$Luftaustausch/h betragen 150.000 € (berichtet 2002).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

#### 17.4.5.2 Lack-in-Lack-Spritzkabine

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.7.4.2.

**Erreichte Umwelteffekte:** Typischerweise können 33 - 50 % des Oversprays wiederverwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Es sind unterschiedliche Bauarten erhältlich; auch als integrierter Teil einer automatisierten Spritzzone oder -Linie. Das Reinigen der Auffangwand bei einem Farbwechsel dauert ca. 5 Minuten.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren ist für 1-Komponenten-Wasser- oder lösemittelbasierte Lacke anwendbar. Es kann mit automatischen oder Handspritzverfahren angewendet werden. Es ist aber weniger geeignet für Kleinserien mit vielen Farbwechseln und für Lacke mit kurzer Lagerzeit (Ablaufdatum). Die Verwendung vieler unterschiedlicher Farben macht die Anwendung manchmal unmöglich.

**Wirtschaftlichkeit:** Das Preisniveau dieser Spritzkabinen liegt zwischen 25.000 – 60.000 € bei einer Luftwechselrate von 5.000 – 10.000 $m^3$/h. Die Kosten des Kaufs einer Spritzkabine für den Handauftrag mit einer Kapazität von 15 kW und 7200 $m^3$/h Luftwechsel betragen 80.000 €.

Die Investitionskosten für eine Wasser-berieselte Wand in einer traditionellen Handspritzkabine betragen zwischen 30.000 und 75.000 € in Abhängigkeit von der Größe der Wand. Die Investitionskosten für ein Umlaufsystem betragen zwischen 40.000 und 180.000 € für eine Spritzkabine (im Jahr 2006 berichtet).

Die Energiekosten für das Kühlen der Auffangwand betragen rund 1000 €/a. Einsparungen schließen die Minderung des Rohstoffs ein, da der Lack wiederverwendet werden kann und weniger Abfalllack entsorgt werden muss.

Das Verfahren ist ökonomisch durchführbar für Firmen, die 15 Tonnen Lack oder mehr pro Jahr verarbeiten. Berichtete Amortisationszeiten von 6 Fallbeispielen liegen im Bereich von 1,5 bis 5 Jahren.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Airtech aus Dänemark.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002], [63, Vito, 2003], [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

## 17.4.6 Trocknen

### 17.4.6.1 Konvektionstrocknen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.1. Es wird allgemein bei der Holz- und Möbellackierung angewendet. Das Trocknen von Holz und Kunststoff ist eingeschränkt möglich. [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

### 17.4.6.2 Mikrowellentrocknung

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.4.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Es wurde von einem nationalen Industrieverband berichtet, dass es nicht viele Beispiele für die Verwendung von Wasserlacken in der Möbelindustrie gibt.

**Anwendbarkeit:** Ein Mikrowellentrockner ist nicht für dicke Werkstücke geeignet (>20 cm). Diese Technik ist nicht allgemein verbreitet in Europa.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten einer Anlage (ohne die Anschlüsse usw...) betragen zwischen 55000 - 100000 € (12 kW).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Eine Experimentalanlage in Norwegen. Es wird geschätzt, dass der Energieverbrauch 10 - 30 % höher als mit einer traditionellen Technik ist (IR, Heißluft).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006] [147, Presti, 2005]

#### 17.4.6.3 Hochfrequenztrockner

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.1.4. Wegen der schnellen Verdampfung des Wassers werden das Aufrauen der Holzfasern und das Entstehen von Staub erheblich verringert. Es wurde durch einen nationalen Industrieverband berichtet, dass es nicht viele Beispiele für wasserbasierte Produkte, die in der Möbelindustrie verwendet werden, gibt. Das Lackieren/Veredeln von Panelen wird mit UV-härtenden Produkten gemacht, die eine andere Art Trockner erfordern
[13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

#### 17.4.6.4 Infrarotstrahlungstrocknen

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.1. Diese Technik wird in Kombination mit Umlufttrocknern verwendet. Infrarotstrahlung kann das Holz verändern.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

#### 17.4.6.5 Härten mit Infrarot-naher Strahlung (NIR)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.2. diese Technik wird allgemein angewendet, da sie sehr geeignet ist für hitzeempfindliche Materialien wie Holz mit sehr kurzen Aushärtezeiten (1 - 5 Sekunden). Pulverbeschichtungen werden normalerweise mittels NIR-Strahlung gehärtet als auch Wasserlacke auf Holz. In Bezug auf die Beschichtung von Holz erreicht die NIR-Technik die kürzesten Trocken- und Zykluszeiten.
[13, DFIU and IFARE, 2002]

#### 17.4.6.6 Ultraviolet (UV)-Strahlung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.3. Diese Technik ist weitverbreitet beim Trocknen von lackierten Möbeln, insbesondere von flachen Teilen. Holz- oder Kunststoffuntergründe können eine Vergilbung zeigen oder spröde werden. Es wird auch eine Technik kommerziell angeboten zum Härten von UV-Beschichtungen bei 3D-Werkstücken, siehe Abschnitt 17.4.3.3.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

#### 17.4.6.7 Elektrostrahl-Härten

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.2.4. Diese Technik erfordert ein spezielles und lösemittelfreies Beschichtungsmaterial. Wegen der hohen Investitionskosten wird diese Technik gegenwärtig nur bei hohen Durchsätzen verwendet
[13, DFIU and IFARE, 2002] [107, VDI, 2005]

#### 17.4.6.8 Kombiniertes Konvektions-/Strahlungs-Trocknen (Thermoreaktor)

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.8.3. Diese Technik wird zum Beschichten von Holz verwendet. Die zu beschichtenden Untergründe sollten hitzebeständig sein.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

### 17.4.7 Abgasbehandlung

#### 17.4.7.1 Trockenfiltersysteme

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.6. In der Holz- und Möbelindustrie werden im Allgemeinen Lackrückhaltefilter und Papierfilter verwendet. Staubwerte von 10 mg/m$^3$ oder weniger können mit dieser Technik erreicht werden. Bei diesem Wert müssen die Filter mindestens jeden zweiten Tag ersetzt und als Abfall entsorgt werden, verbunden mit Kosten und medienübergreifenden Effekten.
[63, Vito, 2003] [189, CEI-BOIS, 2006]

#### 17.4.7.2 Elektrofilter

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.7., wird in Spritzkabinen angewendet. Es wurde aber keine Informationen zu Verfügung gestellt, wie das Abwasser und das Abgas behandelt werden. Diese Technik wird manchmal als nicht wirtschaftlich für den Sektor angesehen.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

#### 17.4.7.3 Partikelabscheidung mit Venturiwäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.5. Wird in Spritzkabinen mit Nassabscheidung angewendet. Es wurden aber keine Informationen zu Verfügung gestellt, wie das Abwasser und das Abgas behandelt werden. Diese Technik wird manchmal als nicht wirtschaftlich für den Sektor angesehen.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

#### 17.4.7.4 Wäscher

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.3.8. Wird in Spritzkabinen mit Nassabscheidung angewendet. Es wurden aber keine Informationen zu Verfügung gestellt, wie das Abwasser und das Abgas behandelt werden. Staubemissionswerte von 10 mg/m$^3$ oder weniger können erreicht werden, auch wenn diese Technik manchmal als nicht wirtschaftlich für den Sektor angesehen wird.
[63, Vito, 2003] [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [189, CEI-BOIS, 2006]

#### 17.4.7.5 Biologische Behandlung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.8. Es ist nur eine Anlage in Deutschland mit einem Biofiltersystem zur Geruchsminderung ausgestattet[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 17.4.7.6 Thermische Nachverbrennung

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4. Auch wenn theoretisch möglich, wird sie gegenwärtig nicht angewendet.

Diese Technik kann als ökonomisch nicht anwendbar angesehen werden, wenn die VOC-Konzentrationen niedrig und /oder die Abgasströme groß sind, da die Investitions- und Betriebskosten hoch sind (zusätzlicher Wärmeeintrag, Verbrauch von elektrischer Energie für Lüfter). Viele Firmen, die vorwiegend Holz verarbeiten, arbeiten diskontinuierlich und im Einschicht- oder Doppelschichtbetrieb. Stabile Bedingungen sind aber auch schwer zu erreichen, weil durch die thermische Trägheit beim Abkühlungsprozess der thermische Wirkungsgrad reduziert wird. Und einige Anlagen haben eine komplexe Prozesskontroll-steueranlage, die eine gewisse Zeit zur Stabilisierung nach Anfahr- und Einstellvorgängen benötigt. Außerdem können die VOC-Beladungen des Abgasstroms sehr unterschiedlich während der Schicht sein.

Es kann aber eingeschätzt werden, dass es jedoch keine Alternative bei Verwendung von Beschichtungen/Lacken mit hohem Lösemittelgehalt gibt. Eine einfache thermische Nachverbrennung ist gut geeignet bei zeitweiligem Gebrauch und Strömen von <2000 $m^3$/h, auch wenn sich ändernde VOC-Beladungen ein Problem darstellen können (siehe Anhang 24.9).
[13, DFIU and IFARE, 2002] [147, Presti, 2005]

#### 17.4.7.7 UV-Oxidation

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.11.4.7. Die berichteten Werte gelten für das Lackieren von Holz und Möbeln beim Auftrag von lösemittelbasierten Lacken. Die Technik wird aber gegenwärtig nicht in diesem Sektor angewendet. Sie ist auch nicht anwendbar beim Beschichten von Furnieren. Die Technik wird manchmal als nicht wirtschaftlich für den Sektor eingeschätzt.
[35, Aminal, et al., 2002] [13, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

### 17.4.8 Abwasserbehandlung

#### 17.4.8.1 Abwasserbehandlung bei Spritzkabinen mit Nassabscheidung

Siehe Abschnitt 20.7.4.1; und Abschnitt 20.12 beschreibt Behandlungsmöglichkeiten.

#### 17.4.8.2 Ultra- und Nanofiltration

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.12.6. Spritzkabinen mit Nassabscheidung sind mit einer Ultrafiltrationseinheit ausgestattet, um den Lack abzuscheiden und zurück zu gewinnen. Diese Technik wird manchmal als nicht wirtschaftlich für den Sektor angesehen.
[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

### 17.4.9 Abfallbehandlung

#### 17.4.9.1 Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln durch Destillation

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitte 20.13.1 und 20.13.2.2. Die Rückgewinnung von Reinigungsmitteln wird allgemein angewendet, z.B. beim Lackieren von Holzküchen- und Badezimmermöbeln.
[4, Intergraf und EGF, 1999] [13, DFIU und IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [68, ACEA, 2004]

# 18 WOOD PRESERVATION

[108, DFIU/IFARE, 1999] [109, European Environmental Agency, 2001] [128, TWG, 2005] [140, EGTEI, 2005]

## 18.1 General information on wood preservation

This section considers industrial processes for the preservation with, or immersion of wood in organic solvent-based preservatives, creosote or solvent-free preservatives. Wood is preserved to protect it against fungal and insect attack and also against weathering. Wood preservation is a major industry, with 11.5 million $m^3$ of wood treated yearly in the EU alone.

The sector is characterised by a large number of relatively small plants. It has been estimated that 1000 installations are involved in the treatment of wood in the EU-15. It is reported that 68 % of the plants use less than 25 t/yr of solvents.

## 18.2 Applied processes and techniques on wood preservation

The application of the preservative may be carried out via vacuum processes, pressure processes, dipping, spraying or brushing. The vacuum process may vary slightly, depending on the preservative used, see Figure 18.1 and Section 18.4.3 below.

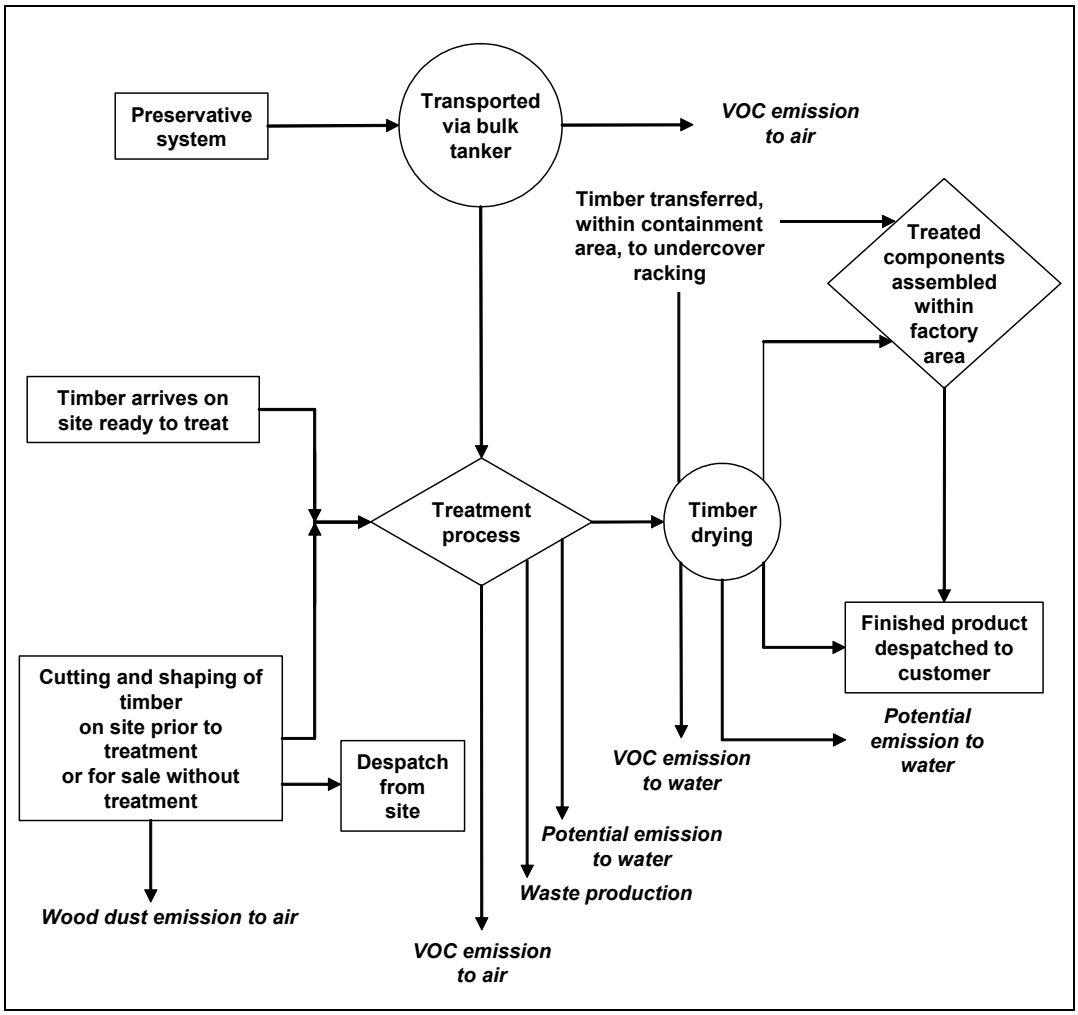


**Figure 18.1: Flow diagram of typical wood preservation installation showing consumptions and emissions**
**[149, UKDEFRA, 2004]**

## 18.3 Current consumption and emission levels on wood preservation

### 18.3.1 Mass balances

No data submitted.

### 18.3.2 Consumptions

#### 18.3.2.1 Materials

Each $m^3$ of wood requires 20 kg of organic solvent-based preservatives, usually white spirit or other petroleum-based hydrocarbons. These consist of about 90 wt-% VOC.

For the preservation of 1 $m^3$ of wood, an average of 100 kg of creosote is required. The creosote contains 20 wt-% VOC and a consumption of about 100 – 600 $l/m^3$ redwood splint is reported (depending on the efficiency of the preservation method used).

The average density of commonly treated woods being about 500 - 600 $kg/m^3$ (ranging from 370 to 930 $kg/m^3$), although it often assumed to be 1 $kg/m^3$ for simplicity (www.simetric.co.uk/si_wood.htm).

For pesticides in preservative systems, see Emissions, Section 18.3.3 below. Other references can be found identifying individual pesticides and systems [150, UKHSE, 2006].

#### 18.3.2.2 Water

No data submitted.

#### 18.3.2.3 Energy

No data submitted.

### 18.3.3 Emissions

#### 18.3.3.1 Emissions to air

The main emission source is from the solvent content of the applied substances. Fugitive and contained emissions can be reduced with the help of abatement equipment. Solvents which remain in the wood after complete drying evaporate over longer periods of time. Fugitive emissions occur during handling, application and drying stages. However, the majority of the emissions occur during the drying process.

At an EU-25 level in 2000 (according to the RAINS model) NMVOC emissions were 54.9 kt representing 0.5 % of total NMVOC emissions (the total estimated EU-15 emission was 47.5 kt/yr in 1990). Total activity in the industry was 11.5 million $m^3$, and the average emission factor is about 4.8 kg $NMVOC/m^3$ meaning that emissions from this sector are already partly abated in the EU-25 (the unabated emission factor being 19.8 $kg/m^3$, see Table 18.1). The contribution to the total EU-15 VOC emissions varies significantly from country to country.

Processes using traditional solvent-based preservatives are likely to need treatment with end-of-pipe techniques in order to be in compliance with the SED requirements. Two secondary measures are possible: thermal oxidation and carbon adsorption [140, EGTEI, 2005].

The options for reducing VOC emissions by primary (in-process) measures and secondary (end-of-pipe) measures have been estimated at a European level. The data have been taken from EGTEI's large reference installation [140, EGTEI, 2005]:

- wood volume to be treated: 5000 $m^3$/yr
- solvent input: 99 t/yr
- full load hours: 6000 h/yr
- flowrate: 22200 $m^3$/h.

Wood preservation is unlikely to be a significant source of emissions of heavy metals to the air.

| PMC Primary measure code see Table 18.2 | SMC Secondary measure | NMVOC EF (kg/m3) | Abatement efficiency (%) | Investment (kEUR) | Variable operating costs (kEUR/yr) | Fixed operating costs (kEUR/yr) | Unit cost (EUR/t VOC abated) | Unit cost (EUR/$m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 19.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | - | 0.0 |
| 00 | 01 | 7.30 | 63.1 | 1040.8 | 75.0 | 52.2 | 4114 | 51.1 |
| 00 | 02 | 7.30 | 63.1 | 494.5 | 21.4 | 24.7 | 1019 | 21.4 |
| 01 | 00 | 16.60 | 16.2 | 87.0 | -11.5 | - | -320 | -1.0 |
| 01 | 01 | 6.10 | 69.2 | 1055.5 | 55.4 | 48.4 | 3293 | 45.9 |
| 01 | 02 | 6.10 | 69.2 | 542.9 | 8.4 | 22.8 | 827 | 18.8 |
| 02 | 00 | 11.00 | 44.4 | 102.0 | -22.7 | - | -346 | -3.0 |
| 03 | 00 | 0.25 | 98.7 | 3.0 | 28.0 | - | 289 | 5.6 |
| 04 | 00 | 0.15 | 99.2 | 90.0 | -12.0 | - | -55 | -1.1 |

**Table 18.1: Wood preservation default emission factors (EF), abatement efficiencies and costs for each combination**
**[140, EGTEI, 2005]**

| Primary measure code PMC | Description |
|---|---|
| 00 | 100 % of solvent-based preservatives<br>conventional application techniques (dipping, brushing, spraying) |
| 01 | 100 % of solvent-based preservatives<br>improved application technique (vacuum preservation system) |
| 02 | Process optimisation<br>100 % of more concentrated solvent-based preservatives<br>improved application technique (vacuum preservation system) |
| 03 | 100 % of water-based preservatives<br>conventional application techniques (dipping, brushing, spraying) |
| 04 | 100 % of water-based preservatives<br>improved application technique (vacuum preservation system) |

**Table 18.2: Wood preservation: Primary abatement measures**
**[140, EGTEI, 2005]**

| Secondary measure code SMC | Description |
|---|---|
| 00 | No secondary measure |
| 01 | Thermal oxidation (siehe Abschnitt 20.11) |
| 02 | Adsorption and solvent recovery (siehe Abschnitt 20.11) |

**Table 18.3: Wood preservation: Secondary abatement measures**
**[140, EGTEI, 2005]**

#### 18.3.3.2 Emissions to water, soil and groundwater

The preservatives applied in this industry are by nature ecotoxic. The industry has a history of using POPs and/or PBTs. The industry has been a significant source of some POPs, such as PAHs and PCP. PAH emissions from creosote use are important. It was reported in 1999 that wood preservation contributed 30 % of the total EU-15 POP emissions [151, EEA, 1999] [150, UKHSE, 2006].

While the use and emission of these substances has decreased due to increasing legislation and industry changes, substances such as creosote, tributyl tin, sodium trichromate and chromium oxide (hexavalent chromium), arsenic oxide, copper salts, etc. are still in use (some were banned in 2006). More information can be found in the references.

Moves to substances less harmful to human health (in manufacture and application) have lead to the use of substances such as permitherins. These can have a high aquatic toxicity.

Releases of heavy metals wood preservation to soil and water could be important (arsenic, zinc, copper, tin), see above.

#### 18.3.3.3 Waste

No data submitted.

## 18.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Holzkonservierung zu berücksichtigen sind

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch für die Holzkonservierung anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können für den Holzschutz angewendet werden. Table 18.4 zeigt die allgemein für den Holzschutz relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht nochmal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieser Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Tabelle 18.4: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

Das EGTEI-Datenblatt zum Holzschutz (siehe Abschnitt 18.3.3.1 und Anhang 24.1.1) zeigt einige Kosten-Nutzen-Daten für einige Techniken zur VOC-Minderung auf europäischem Level auf. [141, EGTEI, 2005].

### 18.4.1 Konventionelle lösemittelbasierte Holzschutzmittel

**Beschreibung:** Ein traditionelles Schutzsystem besteht aus ungefähr 10 % aktiven Bestandteilen und 90 % organischen Lösemitteln, normalerweise Benzine oder andere petroleumhaltige Kohlenwasserstoffe. Die aktiven Bestandteile schließen Insektizide und Fungizide, z.B. Dinitrophenol, Pentachlorphenol, Chlornaphtalin, chlorhaltige Benzole, Lindan, Dieldrin, Organophosphor- und Carbamatverbindungen und Kupfer-/Zink-Naphtenate, ein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Ökotoxizität der Schutzmittel. Einige, die benutzt wurden oder aber benutzt werden, sind POPs, andere sind PBT-Stoffe.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Tabelle 18.1.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [108, DFIU/IFARE, 1999] [109, Europäische Umweltagentur, 2001]

### 18.4.2 Ersatz von konventionellen lösemittelbasierten Konservierungsmitteln (Substitution)

#### 18.4.2.1 Kreosot/ Teeröl

**Beschreibung:** Kreosot ist ein Öl, das bei der Kohlenteerdestillation anfällt. Ungefähr 10 % des als Holzschutzmittel verwendeten Kreosots bestehen aus VOCs. Diese werden Schritt für Schritt durch wasserbasierte Alternativen ersetzt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderte VOC-Emissionen im Vergleich zu konventionellem lösemittelbasiertem Holzschutz.

**Medienübergreifende Effekte:** Kreosot enthält bedeutende Anteile an PAHs und unterliegt weiteren Vorschriften.

**Betriebsdaten**: In industriellen Anlagen kommt das Holz in eine Kammer, die unter Druckluft stehen kann. Die Kammer wird für ein bis drei Stunden mit heißem Kreosot geflutet. Nach dem Ablassen wird ein Vakuum angelegt, um das überschüssige Kreosot abzuziehen. Das Holz wird dann an offener Luft getrocknet.

**Anwendbarkeit:** Kreosot ist eine der ältesten Arten des Holzschutzes und wird als Außenauftrag angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [108, DFIU/IFARE, 1999] [109, Europäische Umweltagentur, 2001]

#### 18.4.2.2 Konzentrierte Pestizidsysteme

**Beschreibung:** Es können lösemittelbasierte Lösungen verwendet werden, die eine erhöhte Konzentration an Pestiziden haben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird eine höhere Auftragsrate bei Anwendung der gleichen Menge Lösemittel und Energie im Prozessablauf erzielt. Siehe Tabelle 18.1.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Tabelle 18.1.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [140, EGTEI, 2005]

#### 18.4.2.3 Wasserbasierte Konservierungsmittel

**Beschreibung:** Wasserbasierter Holzschutz besteht aus einer Lösung von Salzen in Wasser. Kupfer-, Chrom- und Arsen-haltige sind die am meisten verbreiteten Systeme. Sie werden in der gleichen Art wie Teeröl angewendet. Neuere Systeme verwenden gegenwärtig organische Pestizide mit geringerer Toxizität und manchmal in Verbindung mit einem oder mehreren Metallen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine durchschnittliche geschätzte Minderung an VOC-Emissionen von 99,2 %. Siehe Tabelle 18.1.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Tabelle 18.1.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [108, DFIU/IFARE, 1999] [109, Europäische Umweltagentur, 2001] [140, EGTEI, 2005] [150, UKHSE, 2006]

### 18.4.3 Auftragsverfahren

Der Auftrag des Holzschutzes kann mittels Vakuumprozess, Druckprozess, Tauchen, Sprühen oder Streichen erfolgen. Vakuumprozesse können sich leicht unterscheiden je nachdem, welcher Holzschutz verwendet wird. Der Auftragswirkungsgrad für Pestizide beim Tauchen und Streichen ist nahezu 90 %, und bei Verwenden des Vakuumprozesses mit voller Beladung nahe an 100 %. Spritzen hat einen viel geringeren Wirkungsgrad, d.h. von 10 - 50 %.
[108, DFIU/IFARE, 1999] [109, Europäische Umweltagentur, 2001]

#### 18.4.3.1 Vakuumverfahren/Druckimprägnieren

**Beschreibung:** Siehe Bild 18.1. Bei industriellen Anlagen wird der Doppelvakuumprozess (oder mit geringem Vakuumdruck) häufig angewendet. Eine Behandlungsanlage besteht aus drei Behältern. Zu einem Behandlungsbehälter gehört ein Beladungssystem, das es erlaubt, Holzstapel ein- oder auszuladen, entweder von Hand oder automatisch. Die Tür eines Behandlungskessels (Imprägnierkessel) umfasst Sicherheitseinrichtungen, um zu verhindern, dass der Prozess startet, bevor die Tür vollständig geschlossen ist, und um zu verhindern, dass sie geöffnet wird, bevor das Holzschutzmittel entfernt wurde. Normalerweise gibt es 2 Vorratsbehälter, einer ist der Arbeitskessel, in dem sich das Holzschutzmittel für den zu flutenden Kessel befindet, und der andere ist der Vorratskessel, um frisch geliefertes Holzschutzmittel aufzunehmen und den Arbeitskessel nachzufüllen.
Es gibt sechs Hauptschritte:

(1) Eingangsvakuum- dieser Schritt ist erforderlich, um die Luft aus dem Holz zu ziehen. Die Länge des angelegten Vakuums und die Stärke variieren, abhängig von den folgenden Ausführungen. Die Menge der entfernten Luft beeinflusst die folgende Aufnahme und Durchdringung mit Holzschutzmittel.

(2) Fluten – die Holzschutzlösung wird aus dem Arbeitskessel in den Behandlungskessel überführt. Wenn möglich, wird das Vakuum während des Umfüllens aufrechterhalten, damit der Effekt nicht abgeschwächt wird.

(3) Druckperiode – wenn der Behandlungskessel gefüllt ist, wird das Vakuum entspannt und auf Atmosphärendruck zurück geführt. Das Holz bleibt für eine Weile im Holzschutzmittel. Wenn die Behandlungsvorschriften es vorsehen, wird während dieser Zeit ein leichter Druck aufgebaut.

(4) Ablassen – nach der Druckperiode wird das Holzschutzmittel zurück in den Arbeitskessel geleitet

(5) Abschlussvakuum - ein Abschlussvakuum wird auf das Holz angelegt, um erstens jeglichen Überschuss an Holzschutzmittel von der Oberfläche zu entfernen und zweitens das Tropfen des behandelten Holzes am Ende des Prozesses zu vermindern. Wenn das Vakuum entspannt wird, strömt Luft zurück in den Kessel und in die Poren des Holzes, sie nimmt dabei einige Reste der Imprägnierflüssigkeit von der Holzoberfläche mit.

(6) Schlussablassen - während des Abschlussvakuums wird das gesammelte Holzschutzmittel vom Behandlungskessel in den Arbeitskessel zurück gepumpt. Bevor das Holz aus dem Kessel entnommen wird, wird frische Luft durch den Kessel gezogen, um Lösemitteldämpfe aus dem Arbeitsbereich rund um die Tür zum Schutz des Bedieners der Anlage zu mindern.

Das Holz wird in Schräglage auf Wagen geladen, um das Holz so trocken wie möglich aus dem Behandlungsprozess heraus zu bekommen. Der Behandlungskessel wird immer soweit wie möglich mit Holz aufgefüllt. Rund 15 - 25 % des Lösemittels verbleiben im Holz. Ein großer Teil des Restlösemittels wird wahrscheinlich über die Lebenszeit des Produktes verdunsten.

VOCs werden freigesetzt während des Einlagerns des Holzschutzmittels von der Straßenanlieferung in den Vorratskessel, von einem Kessel in einen anderen, aus dem Vakuumpumpsystem und aus dem behandelten Holz selbst. Wenn Aerosole in der Luft sind, wie bei einigen Vakuumsystemen, wird die Luft zuerst durch einen Koaleszenzabscheider geleitet. Alle Emissionen aus der Anlage werden aus dem Arbeitsgebäude abgeleitet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es kann ein nahezu 100 %-ige Auftragswirkungsgrad mit diesem Imprägnierverfahren erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Mit Lösemittelsystem und ohne zusätzliche Maßnahmen betragen die VOC-Emissionen immer noch rund 19.8 kg/m$^3$.

**Betriebsdaten:** Siehe Beschreibung.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Tabelle 18.1.

**Gründe für die Einführung:** Wirtschaftlichkeit bei Großanwendung. Siehe Tabelle 18.1.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [140, EGTEI, 2005] [149, UKDEFRA, 2004]

### 18.4.4 Abgasbehandlung

**Beschreibung:** Emissionen könne durch Anwendung eines Lösemittelminderungsplanes vermindert werden (siehe Abschnitt 20.3.1), Einhausen von Prozessen, wo immer es möglich ist, so dass die Luft durch eine Behandlungsanlage geleitet werden kann (siehe Abschnitt 18.3.3 oben) und Verwenden von lösemittelarmen Beschichtungen als Alternative (siehe Abschnitt 18.4.2.3). Das abgesaugte Abgas kann behandelt werden. Abschnitt 20.11 beschreibt die unterschiedlichen Abgasbehandlungstechniken, die verwendet werden können.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine 70 %-ige Emissionsminderung kann mit diesen Maßnahmen erreicht werden

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die EGTEI-Daten diskutieren 2 Arten von Abgasbehandlung: die thermische Nachverbrennung, Adsorption mit Lösemittelrückgewinnung. Es wird nicht klar, ob eine betriebsinterne oder –externe Rückgewinnung hier gemeint ist. Die Adsorption mit Patronen und die Rückgewinnung außerhalb der Anlage oder eine Beseitigung können auch in Betracht kommen.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** In großen Holzschutzbehandlungsanlagen werden die Emissionen behandelt. In kleinen Anlagen kann eine Behandlungsanlage unwirtschaftlich sein. Siehe Tabelle 18.1. Eine Lösemittelabsorption entweder mit Rückgewinnung außerhalb oder die Beseitigung der Absorptionspatronen[15] kann die praktikabelste Option sein.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [108, DFIU/IFARE, 1999] [109, Europäische Umweltagentur, 2001] [140, EGTEI, 2005]

[15] Anmerkung der Übersetzerin: Technisch handelt es sich um eine Adsorption.

# 19 MANUFACTURE OF MIRRORS

[61, GEPVP, et al., 2004]

## 19.1 General information on the manufacture of mirrors

The main production of mirrors is usually carried out by large multinational corporations in plants with capacities of more than 2 million $m^2$/yr. The major facilities are situated in Germany, France, Spain, Italy, Belgium, Poland, the United Kingdom, Luxembourg and the Czech Republic. There are also some small producers.

The total demand for mirrors in Europe is estimated as 40 million m²/yr. This leads to an annual consumption range of solvents of approximately 2000 – 3600 tonnes. The general applications of mirrors in Europe are:

- mirrors for bathrooms
- mirrors for furniture
- architectural uses, e.g. wall covering
- automotive applications.

The specific consumption, i.e. hourly, of each installation is dependent on the surface of the mirrors produced. The largest lines can produce mirrors of 6 by 3.2 m, i.e. 19 $m^2$. As mirror production is a continuous process, the speed of the line also affects the hourly consumption rates. Thus, some lines exceed the annual and hourly consumption threshold, whilst others only exceed the annual threshold.

It is estimated that the number of lines that exist in Europe are between 15 and 20. Normally, the number of employees occupied in a mirror line is low, though most lines are part of a large manufacturing company.

## 19.2 Applied processes and techniques in the manufacture of mirrors

The production line is designed as a continuous process. The glass sheet lies on a large conveyor that leads the mirror through the different steps of manufacturing. Conveyors are up to 3.5 m wide and more than 150 m long to allow the manufacturing of large scale mirrors. Typically, mirrors consist of one glass pane covered by a reflective metallic layer which is protected by one or more paint coatings. After the paint coating, the mirror passes through the drying furnace. Figure 19.1 summarises the different steps in the manufacture of mirrors. These are described in detail in the following sections.

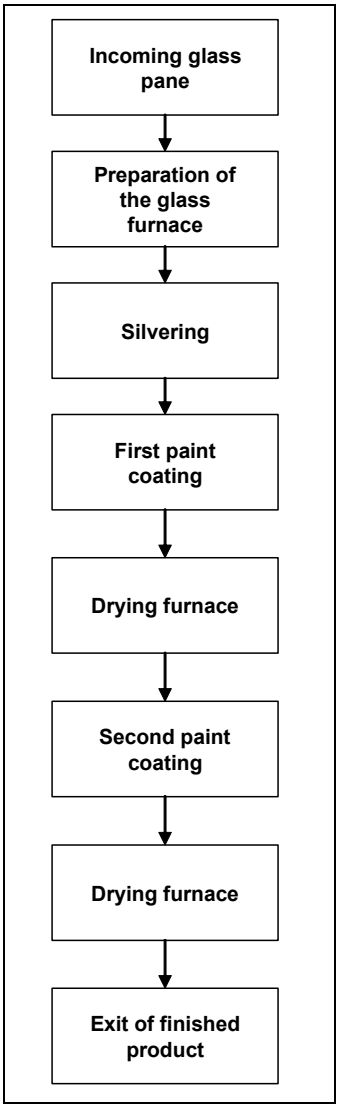


**Figure 19.1: Flow chart of the manufacture of mirrors [61, GEPVP, et al., 2004]**

### 19.2.1 Incoming glass pane

Glass is usually fed to the mirror factory by lorries. The glass is then stocked on stillages and unloaded onto the mirror line using vacuum lifting devices. No solvent is used at this stage.

### 19.2.2 Preparation of the glass surface

The preparation of the glass surface consists of a slight polishing using a water-based abrasive slurry. No solvent is used at this stage. The waste water is treated and the sludge recovered for disposal.

### 19.2.3 Silvering

The reflective metallic layer is generally made of silver, which is sensitive to corrosion. A description of a silvering process can be found in the STM BREF [59, EIPPCB, 2006]. Currently, most producers use the tin process instead of the copper process for fixing the silver layer. No solvent is used at this stage.

### 19.2.4 Paint coating

The glass is passed through a laminar curtain of paint, which is continuously falling from a trough-type assembly. The excess coating material is permanently re-used, but extra solvent is added to insure proper application viscosity. The paint used is solvent-based and contains 30 - 40 wt-% solvent. The paint consumption ranges from 150 to 200 g/m$^2$. The total thickness of the dried paint coating(s) is in the range of 40 to 70 µ.

### 19.2.5 Drying

After the paint coating, the mirror is taken to the drying furnace were the solvent is evaporated and the paint dried allowing its polymerisation. Drying is promoted by heating the product by infrared radiation with or without convection heat.

### 19.2.6 Exit of the finished product

At the end of the line, the mirror is unloaded by using vacuum lifting devices and stacked on stillages. No solvent is used at this stage.

## 19.3 Current consumption and emission levels in the manufacture of mirrors

### 19.3.1 Mass balances

Keine Daten übermittelt.

### 19.3.2 Consumptions

#### 19.3.2.1 Materials

The total solvent consumed amounts to 50 – 90 g/m², depending on the type of product manufactured. Also, some solvent is used for cleaning. The solvent used is xylene.

The greatest proportion of the solvent is used to adjust the paint viscosity and applied onto the product. A small amount is used for cleaning purposes, i.e. <10 %. When this solvent is not contaminated, it is added to the solvent used to adjust the paint viscosity.

Normally, it is expected that 100 % of the glass used as input is transformed into mirror. Only accidental losses of glass may occur (e.g. due to quality problems). In most instances, the rejected glass/mirror is recycled.

#### 19.3.2.2 Water

The water consumption is in the range of 15 to 30 l/m$^2$.

#### 19.3.2.3 Energy

No data submitted.

## 19.3.3 Emissions

### 19.3.3.1 Emissions to air

The solvent content in the clean gas can be reduced to <50 mg C/Nm$^3$ when applying abatement equipment. Lower values can be achieved in new installations. In existing installations, due to the wearing of the mobile parts (e.g. valves), the emission levels increase. The nature of the solvents used can also have an impact on the reduction level that can be achieved. Table 19.1 shows air emission values measured on three different installations.

| Line | C (mg/Nm$^3$) | CO (mg/Nm$^3$) | $NO_X$ (mg/Nm$^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | 57 (range 20 – 100) | 65 | 43 |
| 2 | 16 | 120 | <25 |
| 3 | 55 | 98 | 41 |

**Table 19.1: Air emission values from three different mirror lines**

In a good practice plant, all areas where solvents are used are enclosed and the air containing the solvent is extracted. 97.4 % of the solvent is treated and destroyed. The rest, i.e. 2.6 %, is released to the air because its concentration is too low to be treated.

### 19.3.3.2 Emissions to water

Because there is no contact between the water and the solvent anywhere in the process, solvent is not present in the waste water.

Water is used for the surface preparation and the application of the tin (or copper) and silver layer (see the STM BREF). Thus, water treatment is needed to remove contaminants and to ensure the recycling of the silver. Conventional techniques are used, for example, when copper is used instead of tin, ion exchange and ammonia stripping can be used to remove the copper from the waste water. Table 19.2 shows water emission values after treatment.

| Compound | Value (mg/l) |
|---|---|
| $NH_3$ | 100 |
| Ag | 0.5 |
| Cu | 4 |
| Ce | 5 |

**Table 19.2: Water emission values after treatment**

### 19.3.3.3 Wastes

The wastes containing solvents consist mainly of wipes from cleaning and spent solvent containing some paint. Its management and disposal is dictated by its composition and specific measures may be needed due to its solvent content. When it does not contain any contaminants that can alter the quality of the final product, the spent solvent is re-used to adjust the paint viscosity. Re-usable or recyclable paint containers are commonly used in mirror production.

## 19.4 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT bei der Herstellung von Spiegeln zu berücksichtigen sind

### 19.4.1 Allgemeine Techniken bei der Herstellung von Spiegeln

In Kapitel 20 werden Techniken diskutiert, die auch bei der Herstellung von Spiegeln anwendbar sein könnten. In Kapitel 20.7 werden die für den Lackauftrag relevanten Techniken beschrieben. Diese Techniken können für die Spiegelherstellung angewendet werden. Tabelle 19.3 zeigt die allgemein für die Spiegelherstellung relevanten Techniken, die im Kapitel 20 und /oder Kapitel 20.7 genannt sind. Diese Techniken werden nicht noch mal in diesem Kapitel wiederholt, wenn nicht spezifische Informationen bezüglich dieser Branche mitgeteilt wurden. Eine Beschreibung der Art der Information für jede Technik gibt Tabelle 20.1 an.

| Technik | Kapitelnummer |
|---|---|
| Umweltmanagementmaßnahmen | 20.1.1 |
| Weitergehende Umweltverbesserungen | 20.1.2 |
| Benchmarking | 20.1.3 |
| Anlagendesign, Konstruktion und Betrieb | 20.2 |
| Monitoring | 20.3 |
| Massenbilanz für Lösemittel | 20.3.1 |
| Wassermanagement | 20.4 |
| Energiemanagement | 20.5 |
| Rohstoffmanagement | 20.6 |
| Beschichtungsprozesse und -geräte | 20.7 |
| Trocknung | 20.8 |
| Reinigung | 20.9 |
| Substitution: Verwendung von weniger gefährlichen Stoffen | 20.10 |
| Abgasbehandlung | 20.11 |
| Einhausung und Erfassung von Abgasen | 20.11.2 |
| Nachverbrennung | 20.11.4 |
| Kondensation | 20.11.5 |
| Adsorption | 20.11.6 |
| Abwasserbehandlung | 20.12 |
| Abfallminderung und Behandlung | 20.13 |
| Rückgewinnung gebrauchter Lösemittel aus dem Prozess | 20.13.1 |
| Staubbehandlung | 20.14 |
| Behandlung von Gerüchen | 20.15 |
| Lärmminderung | 20.16 |

**Table 19.3: Referenz auf Techniken, die allgemein in der Branche angewendet werden**

### 19.4.2 Ersatz konventioneller lösemittelbasierter Lacke (Substitution)

#### 19.4.2.1 High-Solid-Lacke

Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.2.2. Die Spiegelindustrie verwendet bereits diese Art von Lacken. Der Lösemittelgehalt im Lack beträgt zwischen 30 und 40 Gew.%.

## 19.4.3 Lackauftragstechniken und -anlagen

### 19.4.3.1 Gießen

**Beschreibung:** Hinsichtlich der allgemeinen Beschreibung siehe Abschnitt 20.7.3.2. Das Glas wird kontinuierlich durch einen laminaren (wirbelfreien) Farbvorhang geführt, der aus einer Durchlaufanlage fällt. Das gestattet, die Herstellung sehr großer Spiegel und die erforderliche gleichmäßige Qualität der Schichten sicher zu stellen. Das überschüssige Beschichtungsmaterial wird ständig wiederverwendet, es wird aber zusätzliches Lösemittel hinzugefügt, um die richtige Viskosität für den Auftrag einzustellen.

Die verwendete Farbe ist lösemittelbasiert und enthält 30 – 40 % Lösemittel. Der Verbrauch bewegt sich zwischen 150 bis 200 g/m$^2$. In der Vergangenheit enthielt die Farbe hohe Anteile an Blei (bis zu 15 %). Heute gibt es Neuentwicklungen bei der Spiegelherstellung, die es der Branche erlauben, Farben mit einem geringen Bleigehalt zu verwenden (<0.5 %). In diesen Farben sind keine Chromate enthalten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist weitverbreitet in Anlagen zu Herstellung großer Spiegel.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [61, GEPVP, et al., 2004]

## 19.4.4 Trocknen

Die folgenden Techniken werden angewendet:

- Infrarot-Strahlungshärten (siehe Abschnitt 20.8.2.1)
- Thermoreaktor (siehe Abschnitt 20.8.3)
- Ultraviolet (UV)-Härten (siehe Abschnitt 20.8.2.3).

## 19.4.5 Abgasbehandlung

**Beschreibung:** Die Bereiche, in denen die Farbe gemischt und auf den Spiegel aufgetragen wird, sind eingehaust und mit einer Abluftabsaugung, die die Lösemittel zu einer Abgasbehandlungsanlage leitet, ausgerüstet (siehe Abschnitt 20.11.2). Gegenwärtig kann jede Technik zur Nachverbrennung, die in Abschnitt 20.11.4 beschrieben ist, angewendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Wegen der Menge an Lösemitteln pro Kubikmeter im Abgas verwenden viele Spiegelhersteller eine thermische Nachverbrennung – Mehrfach-Bett-Anlagen (siehe Abschnitte 20.11.4.4 und 20.11.4.5). Da als Lösemittel hauptsächlich Xylol eingesetzt wird, kann eine niedrige Verbrennungstemperatur (750 - 800 ºC) verwendet werden. Es werden nur geringe Mengen an NOx gebildet. Die regenerative thermische Nachverbrennung ist besonders für kontinuierlich arbeitende Anlagen geeignet, d.h. 24 Stunden pro Tag, 7 Tage die Woche. Für Anlagen, die z.B. nur 8 Stunden pro Tag und 5 Tage die Woche arbeiten, kann diese Technik nicht geeignet sein, da die Temperatur auch während der 'Nichtarbeitsstunden' gehalten werden muss. In diesem Fall sind wahrscheinlich andere Verbrennungstechniken besser geeignet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [61, GEPVP, et al., 2004]

# 20 Techniken, die bei der Bestimmung von BVT in allen Industriebranchen anwendbar sind

Dieses Kapitel beschreibt Techniken, die grundsätzlich ein Potential zur Erreichung eines hohen Umweltschutzstandards in den Industriebranchen, die dieses Dokument umfasst, haben. Techniken, die in der jeweiligen Branche berücksichtigt werden, können in den Abschnitten X.4 gefunden werden (wobei X für das spezifische Branchenkapitel steht).

Managementsysteme, prozessintegrierte Maßnahmen und End-of-Pipe-Maßnahmen sind dabei eingeschlossen, wobei eine gewisse Überschneidung bei diesen drei Maßnahmen vorkommt, wenn man ein optimales Ergebnis erreichen möchte.

Es werden dabei Vorsorge-, Überwachungs-, Minderungs- und Recyclingmaßnahmen betrachtet, wie auch die Wiederverwendung von Rohstoffen/Material und der Energieverbrauch.

Die Techniken werden einzeln oder in Kombination vorgestellt (sowohl aus diesem Kapitel als auch aus dem Abschnitten X.4), die zum Erreichen der Ziele der IVU-Richtlinie geeignet sind. Anhang IV der Richtlinie zählt eine Reihe von allgemeinen Erwägungen auf, die bei der Bestimmung von BVT zu berücksichtigen sind. Die Techniken in diesem Kapitel berücksichtigen eine oder mehrere dieser Erwägungen. Soweit wie möglich wurde eine Standardstruktur zur Beschreibung jeder Technik verwendet, um eine Vergleichbarkeit von Techniken und eine objektive Bewertung gegenüber der Definition von BVT entsprechend der IVU-Richtlinie zu ermöglichen.

Der Inhalt der Abschnitte dieses Kapitels und in den Abschnitten X.4 sind keine abgeschlossene Liste von Techniken. Es können auch andere existieren oder entwickelt worden sein, die genauso zulässig sind innerhalb der Definition von BVT.

Die allgemeine Standardstruktur, die zur Beschreibung jeder Technik verwendet wurde, zeigt Tabelle 20.1:

| Art der berücksichtigten Information | Inhalt der verwendeten Information |
|---|---|
| Beschreibung | Technische Beschreibung der Technik |
| Erreichte Umwelteffekte | Wesentliche umweltbezogene Auswirkungen der Technik (des Prozesses oder der Behandlung) einschließlich erreichter Emissionswerte und der Effizienz der Mapnahme) Umweltvorteile dieser Technik im Vergleich zu anderen. |
| Medienübergreifende Effekte | Jeder Nebeneffekt und Nachteil, der durch die Einführung der Technik hervorgerufen sein kann. Details zu Umweltproblemen dieser Technik im Vergleich zu anderen |
| Betriebsdaten | Leistungsdaten zu Emissionen/Abfall und Verbrauch (Rohstoff, Wasser und Energie). Jede andere nützliche Information zum Betrieb, der Wartung und der Bedienung/ Überwachung, einschließlich von Sicherheitsaspekten, Betriebseinschränkungen der Technik, Produktionsqualität usw. |
| Anwendbarkeit | Betrachtung der mit der Anwendung und Nachrüstung der Technik verbundenen Faktoren (z.B. notwendiger Platz, Spezifikation des Prozesses) |
| Betriebsdaten | Informationen über Kosten (Investitions- und Betriebskosten) und mögliche Einsparungen (z.B. reduzierter Rohstoffverbrauch, Abfallbeseitigungskosten) auch in Bezug auf die Kapazität der Technik |
| Gründe für die Einführung | Gründe der Einführung der Technik (z.B. andere Vorschriften/Gesetze, Verbesserung der Qualität der Produktion) |
| Beispielbetriebe | Hinweis auf eine Anlage, in der die Technik verwendet wird/wurde |
| Referenzliteratur | Literatur mit detaillierteren Informationen über diese Technik |

**Tabelle 20.1: Informationsanalyse für jede Technik, die in Kapitel 20 beschrieben ist und in allen Abschnitten 4 der Kapitel 2 bis 19**

## 20.1 Umweltmanagementtechniken

### 20.1.1 Umweltmanagementprogramme

**Beschreibung**
Die beste Umweltleistung wird allgemein bei Anlagen erreicht, die die beste Technik anwenden und ihren Betrieb am effektivsten und effizientesten gestalten. Das wird durch die Definition der IVU-Richtlinie für den Begriff "Technik" wiedergegeben *"sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird"*

Für IVU-Anlagen ist das UMS (Umweltmanagementsystem) ein Werkzeug, nach dem sich Betreiber systematisch und in anschaulicher Art bei Themen, wie Planung, Konstruktion, Wartung, Betrieb und Stilllegung, richten können. Ein UMS beinhaltet eine organisatorische Struktur, Verantwortlichkeiten, Gebräuche, Abläufe, Prozesse und Ressourcen zur Entwicklung, Einführung, Wartung, Überprüfung und ein Monitoring des UMS. UMS sind am effektivsten und effizientesten, wo sie ein originärer Bestandteil des Gesamtmanagements und des Betriebs einer Anlage sind.

Innerhalb der Europäischen Union haben viele Organisationen (Betriebe, Betreiber von Anlagen) auf freiwilliger Basis entschieden, ein UMS auf Basis der EN ISO 14001 von 1996 oder des EU Umweltmanagement- und Auditsystem EMAS einzuführen. EMAS schließt die Anforderungen der EN ISO 14001 ein, und legt zusätzliche Schwerpunkte auf die Übereinstimmung mit geltendem Recht, Umweltleistung und Einbezug der Mitarbeiter. Es erfordert eine externe Überprüfung des Managementsystems und einen bestätigten öffentlichen Umweltbericht (eine Selbsterklärung nach EN ISO 14001 ist eine Alternative zur externen Überprüfung). Es gibt aber auch viele Organisationen, die beschlossen haben, ein nichtstandardisiertes UMS einzuführen.

Während standardisierte (EN ISO 14001 und EMAS) und nichtstandardisierte ("Kunden"-) Systeme im Allgemeinen die *Organisation* als Ansprechpartner ansehen, hat dieses Dokument eine andere Sichtweise, die nicht alle Aktivitäten in Bezug auf die Produkte und den Service der Organisation einbezieht. Das begründet sich damit, dass der *Ansprechpartner* entsprechend der IVU-Richtlinie die *Anlage* ist (wie in Artikel 2 definiert).

Ein Umweltmanagementsystem (UMS) für eine IVU-Anlage kann folgende Komponenten enthalten:

(a) Definition eines Umweltprogramms
(b) Planung und Aufstellen von Richt- und Zielwerten
(c) Einführen und Betreiben von Abläufen
(d) Überprüfen und korrigierendes Handeln
(e) Überprüfen der Bewirtschaftung
(f) Vorbereiten eines regelmäßigen Umweltberichtes
(g) Rechtskraft durch zertifizierte Organisation oder externen UMS-Zertifizierer
(h) Berücksichtigung der Stilllegung der Anlage nach Beendigung des Betriebes bei der Planung
(i) Entwicklung von sauberen Technologien
(j) Unternehmensvergleich (mit den Besten der Branche)/ Benchmarking.

Diese Hauptbestandteile werden weiter unten detaillierter erklärt. Um detailliertere Informationen zu den Teilen (a) bis (g) zu erhalten, die alle Bestandteile des EMAS sind, wird der Leser auf die Referenzliteratur weiter unten verwiesen.

**(a) Definition eines Umweltprogramms**

Die oberste Leitungsebene ist für die Bestimmung eines Umweltprogramms einer Anlage und die Durchsetzung verantwortlich:

- es ist zugeschnitten auf die Art, den Umfang und die Umweltauswirkungen des Betriebes
- es enthält die Verpflichtung zur Emissionsvermeidung und –kontrolle
- es enthält die Verpflichtung zur Konformität mit allen relevanten Umweltvorschriften und mit anderen Anforderungen, die die Organisation sich verpflichtet hat zu erfüllen
- setzt den Rahmen für das Aufstellen und Überprüfen von Richt- und Zielwerten
- dokumentiert und kommuniziert dieses gegenüber allen Angestellten
- es ist der Öffentlichkeit und interessierten Institutionen zugänglich.

**(b) Planung, z.B.:**

- Verfahren zur Identifizierung von Umweltaspekten einer Anlage, um die betrieblichen Aktivitäten zu identifizieren, die signifikante Umweltauswirkungen haben, und Halten dieser Informationen auf dem neuesten Stand
- Verfahren zur Identifizierung und zum Zugang zu rechtlichen und anderen Anforderungen, die auf die Umweltauswirkungen der betrieblichen Tätigkeiten zutreffen, denen die Organisation verpflichtet ist
- Einführen und Überprüfen von dokumentierten Umweltricht- und Zielwerten, Berücksichtigen von rechtlichen und anderen Anforderungen und der Meinung interessierter Betroffener
- Einführen und regelmäßige Fortschreibung eines Umweltmanagementprogramms einschließlich der Festlegung von Verantwortlichkeiten für zu erreichende Richt- und Zielwerte für jede relevante Tätigkeit und jede Arbeitsebene und mit welchen Mitteln und in welchem Zeitrahmen sie erreicht werden sollen.

**(c) Einführen und Unterhalten von Abläufen und Verfahren**

Es ist wichtig, eine Methode zu installieren, die sicherstellt, dass Verfahrensabläufe bekannt sind, verstanden und befolgt werden. Deshalb schließt effektives Umweltmanagement Folgendes ein:

(i) Struktur und Verantwortlichkeit

- Definitions-, Dokumentations- und Kommunikationsaufgaben, Verantwortlichkeit und Amtsbefugnis und schließt die Benennung eines speziellen Beauftragten der obersten Leitung ein
- zur Verfügung stellen von Ressourcen, die zur Einführung und Kontrolle des UMS erforderlich sind, einschließlich geschulten Personals, Technik und finanzieller Mittel.

(ii) Schulung, Aufklärung und Kompetenz

- Festellen der Schulungserfordernisse, um sicherzustellen, dass das gesamte Personal, das auf Umweltauswirkungen des Betriebes einwirken kann, die erforderlichen Schulungen erhält.

(iii) Kommunikation

- Einführen und Unterhalten einer internen Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Ebenen und Betriebsabläufen der Anlage
- ein Verfahren, dass den Dialog mit externen interessierten Betroffenen fördert und
- ein Verfahren zur Annahme, Dokumentation und, wo angebracht, Beantwortung von relevanter Kommunikation von externen interessierten Betroffenen.

(iv) Einbeziehen der Angestellten

- Einbeziehen der Angestellten in das Verfahren mit dem Ziel, eine hohe Umweltleistung durch angemessene Beteiligung, wie Vorschlagsverfahren oder Projektgruppenarbeit oder Umweltbeiräte, zu erreichen.

(v) Dokumentation
- Einführen und Unterhalten einer aktuellen Information (in Papierform oder elektronisch) zur Beschreibung der Kernelemente des Managementsystems und seiner Wechselwirkungen und zur Verfügung stellen zugehöriger Dokumente.

(vi) Effiziente Verfahrenskontrolle
- angemessene Kontrolle des Verfahrens unter allen Betriebsbedingungen, wie Vorbereitung, Anfahren, Routinebetrieb, Abfahren und außergewöhnliche Bedingungen
- Identifizieren der wesentlichen Leistungsparameter und Methoden zur Messung und Kontrolle dieser Parameter (z.B. Durchflussmenge, Druck, Temperatur, Zusammensetzung und Ausstoß)
- Dokumentation und Analyse außergewöhnlicher Betriebsbedingungen zur Identifizierung der Ursache und Vorbeugen, dass dieser Zustand nicht erneut eintritt (das sollte ohne Schuldzuweisung erfolgen, da es wichtiger ist, den Grund herauszufinden als einen Schuldigen).

(vii) Instandhaltungsprogramm
- Einführen eines gegliederten Instandhaltungsprogramms, das auf technischen Beschreibungen der Anlage, Normen usw. beruht als auch Betriebsstörungen und ihre Folgen enthält
- Unterstützen eines Instandhaltungsprogramms durch angemessenes Aufbewahren von Aufzeichnungen zum Betriebsablauf und Prüfunterlagen
- Klare Zuweisung der Verantwortlichkeit für Planung und Ausführung von Instandhaltungen.

(viii) Vorbereitet sein und Verantwortlichkeit in Notfällen
- Einführen und Unterhalten eines Verfahrens zur Identifizierung der Möglichkeit eines Unfalls und Reaktion auf einen Unfall oder eine Notsituation und eines Verfahrens zur Verhinderung oder Linderung der Umweltauswirkungen, die damit verbunden sein können.

**(d) Überprüfen und korrigierendes Handeln, z.B.:**

(i) Monitoring und Messungen
- Einführen und Unterhalten eines Dokumentationsverfahrens zu regelmäßigem Monitoring und Messungen für wesentliche Parameter von Abläufen und Verfahren, die signifikante Umweltauswirkungen haben können einschließlich der Aufzeichnung von Informationen zur Leistungsüberwachung und Verfahrenskontrolle und Übereinstimmung mit den Umweltrichtwerten und –zielen der Anlage (*siehe BVT-Merkblatt zum Monitoring von Emissionen, MON*)
- Einführen und Unterhalten eines Dokumentationsverfahrens zur regelmäßigen Überprüfung der Befolgung der relevanten Umweltvorschriften und Gesetze.

(ii) Korrigierendes und vorbeugendes Handeln
- Einführen und Unterhalten eines Verfahrens zur Festlegung der Verantwortlichkeit und Zuständigkeit für:
  - Handhabung und Untersuchung einer Nicht-Übereinstimmung mit Genehmigungsauflagen und anderen rechtlichen Anforderungen sowie Zielsetzungen und Vorgaben,
  - Ergreifen von Maßnahmen zur Minderung der verursachten Auswirkungen und das Einleiten von Korrektur- und vorbeugenden Maßnahmen, die der Größe des Problems angemessen und proportional den auftretenden Umweltauswirkungen sind.

(iii) Aufzeichnungen
- Einführen und Unterhalten von Verfahren zur Identifikation, zu Unterhalt und Verfügbarkeit von rechtsrelevanten, vorliegenden und nachverfolgbaren Umweltberichten einschließlich Schulungsunterlagen und Ergebnissen von Audit und Überprüfung.

(iv) Audit
- Einführen und Unterhalten von Programmen und Verfahren eines regelmäßigen UMS-Audits, das die Diskussion mit den Beschäftigten, die Untersuchung der Betriebsbedingungen und Anlagen und die Überprüfung der Aufzeichnungen und die Dokumentation beinhaltet. Das Ergebnis wird von unparteiischen und objektiven Angestellten (internes Audit) oder von externen Personen/Gesellschaften schriftlich festgehalten. Es umfasst den Umfang, die Häufigkeit und Methoden als auch die Verantwortlichkeiten und Anforderungen an die Durchführung des Audits und den Bericht über die Ergebnisse, um festzustellen, ob das UMS mit den vorgesehenen Vereinbarungen erfüllt, ordentlich eingeführt und unterhalten wurde
- Abschließen des Audits oder Auditzyklus in angemessener Zeit, aber nicht später als alle 3 Jahre, abhängig von Art, Umfang und Komplexität der Tätigkeiten, der Bedeutung der damit verbundenen Umweltauswirkungen, der Bedeutung und Dringlichkeit der bei vorangegangenen Audits festgestellten Probleme und der Vorgeschichte der Umweltprobleme – komplexere Tätigkeiten mit bedeutenderen Umweltauswirkungen sind häufiger zu auditieren
- Vorhalten eines angemessenen Mechanismus, der sicherstellt, dass die Auditergebnisse befolgt werden.

(v) regelmäßige Überprüfung der Rechtskonformität
- Überprüfung der Konformität mit den zutreffenden Rechtsvorschriften und den umweltbezogenen Genehmigungsbedingungen im Bescheid (Bescheiden) der Anlage
- Dokumentation der Überprüfung.

**(e) Überprüfung der Bewirtschaftung, z.B.:**

- Intervallweise Überprüfungen durch die oberste Leitungsebene, die es gestatten, die weiterhin gegebene Eignung, Angemessenheit und Effektivität des UMS festzustellen
- Sicherstellen, dass die notwendigen Informationen gesammelt werden und dem Management diese Überprüfung gestatten
- Dokumentation der Überprüfung.

**(f) Vorbereiten eines regelmäßigen Umweltberichtes**

- Vorbereiten eines Umweltberichtes, der besonderen Wert auf die durch die Anlage erreichten Ergebnissen im Vergleich zu den Richt- und Zielwerten legt. Er wird regelmäßig, jährlich oder häufiger in Abhängigkeit von der Bedeutsamkeit der Emissionen, der Abfallerzeugung usw., erstellt. Er berücksichtigt die notwendigen Informationen, die die relevanten Interessengruppen benötigen und ist öffentlich zugänglich (z.B. elektronisch publiziert oder in Bibliotheken usw.).

Wird ein Bericht erstellt, kann der Betreiber vorhandene Umweltindikatoren verwenden, die gewählten Indikatoren sollen sicherstellen, dass:

i. eine möglichst genaue Abschätzung der Anlagenleistung wiedergegeben wird
ii. sie verständlich und unzweideutig sind
iii. sie einen jährlichen Vergleich erlauben, um die Entwicklung der Umweltleistung der Anlage bewerten zu können
iv. sie einen Vergleich mit der Branche oder, falls möglich, mit nationalen oder regionalen Benchmarks (Vergleich mit den Besten der Branche) gestatten
v. sie, falls möglich, einen Vergleich mit den rechtlichen Anforderungen gestatten.

**(g) Rechtskraft durch zertifizierte Organisation oder externen UMS-Zertifizierer**

- das Verfahren mit Vorhandensein eines UMS, eines Auditverfahrens und eines überprüften Umweltberichtes, der durch einen akkreditierten Zertifizierer oder einen externen UMS-Zertifizierer bestätigt wurde, kann, wenn es ordentlich durchgeführt wurde, die Glaubwürdigkeit des Verfahrens erhöhen.

**(h) Berücksichtigung der Stilllegung der Anlage nach Beendigung des Betriebes bei der Planung**

- Berücksichtigen der Umweltauswirkungen einer Stilllegung der Anlage zum Zeitpunkt der Planung der Anlage, da diese Voraussicht die Stilllegung einfacher, sauberer und billiger ermöglicht
- eine Stilllegung kann Umweltrisiken der Verschmutzung von Boden (und Grundwasser) aufwerfen und erzeugt große Mengen festen Abfalls. Vorbeugende Techniken sind anlagenspezifisch, können aber die folgenden allgemeinen Erwägungen beinhalten:
  i. Vermeiden von Anlagenteilen im Untergrund/Boden
  ii. Berücksichtigen von Besonderheiten, die die Demontage erleichtern
  iii. Wahl von Oberflächenabdeckungen/-beschichtungen, die einfach gereinigt werden können
  iv. Wahl einer Anlagenkonfiguration, die das Festsitzen von (eingeschlossenen) Chemikalien minimiert und das Ablaufen oder Auswaschen erleichtert
  v. flexibles Anlagendesign mit eigenständigen Anlagenteilen zur abschnittsweisen Schließung
  vi. wo möglich, Verwenden bioabbaubarer und recycelbarer Materialien.

**(i) Entwickeln von sauberen Technologien**

- Umweltschutz sollte ein integraler Bestandteil jeder Planung von industriellen Prozessen durch einen Anlagenbetreiber sein, da Techniken, die zum frühest möglichen Planungsstadium berücksichtigt werden, effektiver und billiger sind. Man sollte die Entwicklung von sauberen Technologien durch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten oder Studien berücksichtigen. Als Alternative zu betriebseigenen Aktivitäten können (wo angebracht) Vereinbarungen getroffen werden zur Zusammenarbeit mit anderen Betreibern oder Forschungsinstituten in den betreffenden Bereichen.

**(j) Benchmarking, z.B.:**

- Durchführen eines systematischen und regelmäßigen Vergleichs mit der Branche, nationalen oder regionalen Benchmarks (Bestwerten), einschließlich zur Energieeffizienz und Energiespartechniken, Wahl der Einsatzstoffe, Emissionen in Luft und Wasser (z.B. Verwenden des EPER), Wasserverbrauch und Abfallerzeugung.

**Standardisierte und nichtstandardisierte UMS**

UMS können eine standardisierte oder nichtstandardisierte Form (Kunden-UMS) haben. Einführung und Befolgung eines international akzeptierten System, wie dem EN ISO 14001 von 1996, können dem UMS eine höhere Glaubwürdigkeit verleihen, insbesondere wenn es Gegenstand einer guten externen Überprüfung ist. EMAS hat eine zusätzliche Glaubwürdigkeit durch das Zusammenspiel mit der Öffentlichkeit durch den Umweltbericht und die Überprüfung der Übereinstimmung mit dem zutreffenden Umweltrecht. Nichtstandardisierte Systeme können aber genauso effektiv sein, wenn sie gut geplant und durchgeführt werden.

Berichtigung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS) (ABl. L 114 vom 24.4.2001)
http//:europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm
(EN ISO 14001:1996, http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html; http://www.tc207.org)

**Umweltentlastungseffekte**

Einführung und Befolgung eines UMS richtet die Aufmerksamkeit des Betreibers auf die Umweltleistung der Anlage. Insbesondere die Wartung und Einhaltung von klaren Arbeitsabläufen für den Normalbetrieb und außergewöhnliche Zustände und die festgelegten Verantwortlichkeiten sollten sicherstellen, dass die genehmigten Bedingungen der Anlage und andere Umweltricht- und Zielwerte zu allen Zeiten eingehalten werden.

UMS stellen im Allgemeinen die stetige Verbesserung der Umweltleistung der Anlage sicher. Je schlechter die Anfangswerte sind, umso größere kurzfristige Verbesserungen können erwartet werden. Hat die Anlage bereits eine gute allgemeine Umweltleistung, hilft das UMS dem Betreiber, die Anlage auf einem hohen Leistungsniveau zu betreiben.

**Medienübergreifende Aspekte**
Umweltmanagementtechniken sind so anzulegen, dass sie sich mit den gesamten Umweltauswirkungen befassen und damit im Einklang mit dem integrierten Ansatz der IVU-Richtlinie stehen.

**Betriebsdaten**
Es wurden keine speziellen Informationen berichtet.

**Anwendbarkeit**
Die oben beschriebenen Komponenten können üblicherweise in Allen IVU-Anlagen angewandt werden. Der Umfang (z.B. Grad der Detailliertheit) und die Art des UMS (z.B. standardisiert oder nicht-standardisiert) werden sich üblicherweise auf Art, Umfang und Komplexität der Anlage und die Umweltauswirkungen, die sie haben kann, beziehen.

**Betriebswirtschaftliche Daten**
Die exakte Bestimmung der Kosten und ökonomischen Vorteile der Einführung und Unterhaltung eines guten UMS ist schwer einzuschätzen. Dazu werden eine Reihe von Studien weiter unten vorgestellt. Das sind jedoch nur Beispiele, und ihre Ergebnisse stimmen nicht gänzlich überein. Sie sind nicht unbedingt repräsentativ für alle Branchen innerhalb der EU und sollten deshalb mit Vorsicht betrachtet werden.

Eine schwedische Studie von 1999 schaute genauer auf alle 360 ISO-zertifizierten und EMAS-registrierten schwedischen Firmen. Mit einer Rückmelderate von 50 % fasste sie neben anderen Aussagen folgendes zusammen:
- Die Kosten für Einführen und Betreiben eines UMS sind hoch aber nicht unzumutbar, ausgenommen im Falle von sehr kleinen Firmen. Es wird angenommen, dass die Kosten zukünftig geringer werden.
- Eine engere Koordination und Integration des UMS mit anderen Betriebsanordnungen/-verfahren wird als positiver Weg zur Kostenminderung gesehen.
- Die Hälfte aller Umweltzielsetzungen- und -vorgaben rentiert sich innerhalb eines Jahres durch Kosteneinsparungen und/oder erhöhte Erträge.
- Die größten Kosteneinsparungen werden durch geringere Kosten für Energie, Abfallbehandlung und Rohstoffe erzielt.
- Die meisten Firmen denken, dass ihre Marktposition durch ein UMS gestärkt wurde. Ein Drittel der Firmen berichtet über steigende Erträge durch das UMS.

In einigen Mitgliedsstaaten werden geringere Überwachungsgebühren erhoben, wenn die Anlage zertifiziert ist.

Eine Anzahl von Studien zeigt eine umgekehrte Beziehung zwischen Firmengröße und den Kosten der Einführung eines UMS. Eine ähnliche umgekehrte Beziehung besteht für die Amortisationszeit des investierten Kapitals. Beide Elemente nehmen eine schlechtere Kosten-Ertrags-Beziehung für eine Einführung eines UMS in kleineren oder mittleren Unternehmen im Vergleich zu größeren Firmen an.

Zufolge einer Schweizer Studie können die Durchschnittskosten für Aufbau und Unterhalt eines ISO 14001 schwanken:

- für Firmen mit 1 bis 49 Angestellten: CHF 64000 (EUR 44000) für Aufbau des UMS und CHF 16000 (EUR 11000) pro Jahr, um es zu betreiben
- für einen Industriestandort mit mehr als 250 Angestellten: CHF 367000 (EUR 252000) für Aufbau des UMS und CHF 155000 (EUR 106000) pro Jahr, um es zu betreiben.

Diese Durchschnittszahlen sind nicht unbedingt repräsentativ für die tatsächlichen Kosten eines Industriestandortes, da die Höhe der Kosten stark von der Anzahl der wesentlichen Elemente (Schadstoffe, Energie, Verbrauch,…) und der Komplexität des zu untersuchenden Problems abhängt.

Eine im Jahr 2002 erschienene deutsche Studie (Schaltegger, Stefan und Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis*, February 2002, S. 106) führt die folgenden Kosten für EMAS für unterschiedliche Branchen auf. Es kann festgestellt werden, dass diese Zahlen viel geringer als die der oben zitierten Schweizer Studie sind. Das kann Bestätigung der Schwierigkeit der Kostenbestimmung für ein UMS sein.

Kosten des Aufbaus (EUR):
- Minimum: 18.750
- Maximum: 75.000
- Durchschnitt: 50.000

Kosten der Überprüfung (EUR):
- Minimum: 5.000
- Maximum: 12.500
- Durchschnitt: 6.000

Eine Studie des deutschen Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, (*Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, *Bonn*) nennt Informationen zur durchschnittlichen Ersparnis durch EMAS pro Jahr und die Amortisationszeit, z.B. bei Einführungskosten von 80.000 € ergeben sich Einsparungen von 50.000 € pro Jahr, das entspricht einer Amortisationszeit von ungefähr anderthalb Jahren.

Fremdkosten zur Überprüfung des UMS können mit Hilfe des International Accreditation Forum (http://www.iaf.nu) abgeschätzt werden.

**Motivation für die Implementierung**
UMS besitzen eine Vielzahl von Vorteilen, zum Beispiel:

- verbesserter Einblick in die Umweltaspekte eines Unternehmens
- verbesserte Basis zur Entscheidungsfindung
- verbesserte Motivation des Personals
- zusätzliche Möglichkeiten der Betriebskostensenkung und Erhöhung der Produktqualität
- verbesserte Umweltleistung
- verbessertes Firmenimage
- verminderte Haftpflicht-, Versicherungskosten und Strafzahlungen
- erhöhte Attraktivität für Angestellte, Kunden und Investoren
- erhöhtes Vertrauen seitens der Behörden, das zu geringerer Aufsicht durch Behörden führt
- verbesserte Beziehungen zu Umweltgruppen.

**Beispielanlagen**
Die Elemente, die unter (a) bis (e) beschrieben sind, sind Elemente des EN ISO 14001 von 1996 und des europäischen Ökomanagement- und Auditverfahrens (EMAS), hingegen die Elemente (f) und (g) sind nur EMAS-spezifisch. Diese beiden standardisierten Systeme werden von einer Vielzahl von IVU-Anlagen angewandt. Beispielsweise 357 Firmen/Anlagen der europäischen Chemischen Industrie und Industrie zur Herstellung chemischer Produkte (NACE Code 24) waren im Juli 2002 EMAS-registriert, die meisten davon IVU-Anlagen.

Die Umweltagentur von England und Wales (UK) führte in 2001 eine Erhebung zu IPC-genehmigten Anlagen (dem Vorläufer der IVU-Richtlinie) durch. Es zeigt sich, dass 32 % der Antwortenden nach ISO 14001 zertifiziert waren (entsprechend 21 % aller IPC-Anlagen) und 7 % EMAS-registriert. Alle britischen Zementwerke (ca. 20) waren nach ISO 14001 zertifiziert und die Mehrzahl EMAS-registriert. In Irland, wo das Vorhandensein eines UMS (es muss nicht standardisiert sein) Voraussetzung für eine IPC-Genehmigung ist, haben geschätzte 100 von ungefähr 500 zugelassenen Anlagen ein UMS nach ISO 14001 eingeführt. Die anderen ca. 400 Anlagen haben sich für ein nichtstandardisiertes UMS entschieden.

In den Niederlanden gibt es ein spezielles UMS für kleinere und mittlere Unternehmen, um die Kosten und die notwendige Zeit zur Einführung des Systems gering zu halten.

**Referenzliteratur:**

- Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS) (ABl. L 114 vom 24.4.2001) http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)
- (EN ISO 14001:1996, http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html; http://www.tc207.org)

### 20.1.2 Laufende Umweltverbesserungen und medienübergreifende Effekte

**Beschreibung:** Ein bedeutender Bestandteil eines UMS ist das Aufrechterhalten umfassender Umweltverbesserung. Wichtig ist, dass der Betreiber versteht, was mit den eingesetzten Stoffen passiert (Verständnis der Abläufe), z.B. mit den Lösemitteln, und wie deren Verbrauch zu Emissionen führt. Genauso wichtig, wie die Überwachung von wesentlichen Einsatzstoffen (Input) und Produkten (Output), ist es, ein optimales Gleichgewicht von Lösemittelemissionen und medienübergreifenden Auswirkungen zu erhalten, wie Energie- Wasser- und Rohstoffverbrauch. Das mindert den Ressourcenbedarf der Anlage.

Weil die Lösemittelbilanz (siehe Abschnitt 20.3.1) für diesen Sektor so bedeutend ist, sollte die Behandlung aller wesentlichen Verbräuche und Emissionen kurz-, mittel- oder langfristig in Verbindung mit der Finanzplanung und den Investitionszyklen koordiniert werden, d.h. die Einführung von kurzfristigen End-of-Pipe-Lösungen für Lösemittelemissionen kann den Betreiber langfristig an einen höheren Energieverbrauch binden und die Verschiebung von Investitionen in umweltfreundlichere Lösungen zur Folge haben. Deshalb benötigt man Überlegungen zu medienübergreifenden Effekten; Hilfestellungen dazu und zu Kosten und Kosten-Nutzen-Belangen werden im ECM-BREF [97, EIPPCB, 2005] gegeben und im Abschnitt 20.1.4.

**Erreichte Umwelteffekte:** Langfristige Minderung von Lösemittelemissionen bei geringerem Wasser- und Energieverbrauch. .

**Medienübergreifende Effekte:** Ein Teil des herstellungsbedingten Verbrauchs und der Emissionen, wie Lösemittelemissionen, können in der Zeitspanne bis langfristige Investitionen durchgeführt werden verhältnismäßig größer sein.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Der Umfang dieser Aufgabe hängt von der Anlagengröße und der Anzahl der Variablen ab. Eine vollständige Untersuchung der medienübergreifenden Effekte erfolgt unregelmäßig. Siehe Beispielbetriebe unten.

**Wirtschaftlichkeit:** Erlaubt Investitionen auf Basis von Informationen zu planen, um den größten allgemeinen Umweltnutzen und das beste Preis-Leistungs-Verhältnis zu erzielen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** ein Beispiel mit Berücksichtigung der medienübergreifenden Effekte ist im ECM-Merkblatt [97, EIPPCB, 2005] dargestellt.

Anwendung bei KMUs: Bovince Ltd, London, UK, eine kleine Druckerei mit ungefähr 48 Angestellten, spezialisiert auf Siebdruck und digitalen Druck. Es gibt einen Nachhaltigkeitsgrundsatz, es wird ein UMS mit ständigem Verbesserungsprogramm angewendet. Die fortschreitende Einführung der automatischen Siebreinigung mit Lösemitteln, UV-Farben die maximal mögliche Zahl von Arbeitsaufträgen und eine gute Organisation haben zu einer 50 %-igen Minderung des Lösemittelverbrauchs seit 1996 geführt und dabei Kosten von rund 90.000 € zwischen 1996 und 2000 eingespart.

Es folgen zwei theoretische Beispiele:

1. Eine Lackieranlage zur Lackierung von Metallteilen muss als Ergebnis der Lösemittelbilanz die diffusen Emissionen mindern. Die Hauptmöglichkeiten umfassen die Installation zusätzlicher Absauganlagen und eine größere Anlage zur thermischen Nachverbrennung oder den Wechsel zu einem lösemittelarmenProzess für einen Teil der Lackieraufträge. Das Erstere kann schneller eingebaut werden, erfordert aber erheblich größeren Energieverbrauch zur Abluftabsaugung und Brennstoff zur Stützfeuerung der thermischen Nachverbrennung. Es erfolgt keine Reduzierung des Lösemittelverbrauchs, die Maßnahmen für diffuse Emissionen aus Behandlung, Reinigung usw. bleiben bestehen. Ein Lackierverfahren mit weniger Lösemitteln benötigt weniger Energie und 50 % weniger Lösemittel, aber mehr Wasser. Obwohl ein Mehraufwand hinsichtlich der Investitionskosten, Abschaltzeiten und Ausbildung zur Bedienung/Einarbeitung auftreten kann, können die Betriebskosten aber geringer sein. Die Abwägung zwischen Investitions- und Betriebskosten ist übliche Praxis bei wirtschaftlichen Entscheidungen. Daten zu Energie- und Wasserverbrauch, Lösemittelemissionen und anderen Emissionen kann man vom Anbieter oder möglicherweise anderen Betreibern, Wirtschaftsverbänden erhalten und/oder Vergleichsdaten werden national oder international publiziert, z.B. Umweltkostenmodelle, die auch Kosten-Nutzen-Daten auswerten (siehe Abschnitt 20.1.4).
2. Ein Automobilhersteller versucht, seine Lösemittelemissionen weiter zu verringern. Es kann der Wechsel in einem großen Arbeitsbereich vorgenommen werden, dazu müsste die gesamte Lackieranlage ersetzt werden, die einen Lebenszyklus von 25 Jahren hat und Investitionen von 500.000 € erfordert. Der Energieverbrauch der Lackieranlage am gesamten Energieverbrauch der Anlage beträgt rund 38 - 52 %, das sind rund 160.000 bis 240.000 MWh (davon 60 % Gas). Der Grad der Automatisierung kann sich auf die verwendete Menge an Rohstoffen, den Auftragswirkungsgrad und die Menge an verbrauchtem Lösemittel auswirken. Die Auswahl des Lack- und Auftragssystems, der Grad der Automatisierung und der Umfang der Abgasbehandlung erfordern die Berücksichtigung der Betriebs- und Investitionskosten als auch der Verbräuche und Emissionen im Amortisationszeitraum der Investition. Es muss auch der Lebenszyklus einer bestehenden Lackieranlage in Betracht gezogen werden.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [157, ACEA, 2005] [128, TWG, 2005] [161, EIPPCB, 2006]

### 20.1.3 Vergleich von Verbrauch und Emissionen (Benchmarking) und daraus folgende Maßnahmen

**Beschreibung:** Benchmarking ist ein systematisches Erfassen von Einsatzstoffen/Inputs (Rohstoffe, Wasser und Energie) und Ausstößen/Outputs (Emissionen in die Luft und das Wasser und als Abfall), und der regelmäßige Vergleich dieser Daten mit den vorhandenen Daten aus dem Sektor, nationalen oder regionalen Benchmarks (siehe Abschnitt 20.1.1 (j)). Werden Daten einer Anlage mit Benchmarks verglichen, ist es üblich, folgende Methode zu verwenden: Es werden alle Maßnahmen identifiziert, die sich aus den gesammelten Daten ableiten lassen. Diese Maßnahmen können zu Schlussfolgerungen führen (siehe Abschnitt 20.1.1(d)), einschließlich der folgenden:

- Festlegen einer oder mehrerer Personen, die auf Basis der Daten für die Auswertung und Übernahme der Maßnahmen verantwortlich ist/sind.
- Informieren von Verantwortlichen für die Leistung der Anlage, einschließlich einer schnellen Alarmierung von Bedienern, wenn Veränderungen zur normalen Leistung auftreten
- Weitere Untersuchungen, um zu überprüfen, warum die Leistung abweicht oder außerhalb externer Benchmarks liegt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Unterstützen einzelner Anlagen beim Feststellen ihrer Umweltleistung im Vergleich zu anderen Anlagen. Unterstützung beim Identifizieren von Verfahren, die von Anlagen mit bester Leistung (best performing installation) verwendet werden. Kann ungeplante oder unbeobachtete Vorfälle identifizieren oder dabei helfen, z.B. bei Rohr-Dichtungsleckagen, Verschmutzungen von Boden oder Grundwasser usw.
**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Stellt Benchmarks und Bewertungen von betriebsbedingten Umweltleistungen von Anlagen und Verfahren zur Verfügung. Es können Daten auf verschiedenen Ebenen erhoben und verglichen werden, wie z.B.: Verfahren oder Maßnahmen (Pressen, Prozesstank, Prozesslinie), Betriebsort, Branche, regional oder national. Die Daten könne veröffentlicht werden, während die Anlage selbst anonym bleibt. Zum Beispiel:

- Lösemittelverbrauch und Emissionen. Diffuse Emissionen und damit die Gesamtemissionen können nur mittels Lösemittelbilanz bestimmt werden, Abschnitt 20.3.1. Geeignete Ergebnisse eines Benchmarks können nur mit einer durchgeführten Lösemittelbilanz identifiziert werden. (siehe Anhänge 24.2 and 24.3)
- Wasserverbrauch – das ist von Bedeutung wenn Wasserlacke verwendet werden
- Energieverbrauch, z.B. beim Trocknen und bei den Behandlungsverfahren
- Rohstoffverbrauch, z.B. Druckfarben. Tücher, Papier, Anfahren der Presse, bis zu 10 % des zu bedruckenden Materials kann unbrauchbar sein
- erzeugter Abfall
- wesentliche Schadstoffe, die in Wasser, Luft oder Boden/Grundwasser gelangen

**Anwendbarkeit:** Geeignete Benchmarks erfordern vergleichbare Daten – einen 'Ein zu Eins'-Vergleich, z.B. bei Oberflächenbehandlungstätigkeiten könnte das am besten auf Basis der beschichteten Oberfläche oder anderer Verbrauchs- oder Durchsatzdaten, die für dieses Verfahren von Bedeutung sind, erfolgen. Die Details eines Benchmarks, einschließlich der Daten, die verglichen werden, sind verbrauchsabhängig.

**Wirtschaftlichkeit:** Das Nutzen der Daten zur Optimierung der Umweltleistung einer Anlage führt gewöhnlich zu einer wirtschaftliche Optimierung.

**Gründe für die Einführung:** Benchmarking entspricht meistens einer guten wirtschaftlichen Leistung. Benchmarking und Optimieren der Umweltleistung (wie z.B. Rohstoff-, Wasser- und Energieeinsatz wie auch Materialverluste) führen gleichzeitig zu einer ökonomischen Optimierung.

Ein Lösemittelmanagementplan ist der einzige Weg, diffuse und Gesamtemissionen aus einer Anlage zu berechnen und wird durch die EU-Lösemittelrichtlinie, für alle Tätigkeiten, die unter die Richtlinie fallen, gefordert.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2006] [90, Envirowise, 1998] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.1.4 Kosten der Umweltvorteile und Abschätzung der medienübergreifenden Effekte

**Beschreibung:** Das BVT-Konzept unter der IVU-Richtlinie berücksichtigt die wahrscheinlichen Kosten und Vorteile einer Technik. Ein Ziel des integrierten Ansatzes ist das Verhindern des Verschiebens von einem Medium in ein anderes durch Wahl von Techniken oder Kombinationen von Techniken die am effektivsten beim Erreichen eines hohen allgemeinen Umweltschutzniveaus sind. Das erfolgt zusätzlich zur Suche nach weiteren Verbesserungen der Anlage (siehe Abschnitt 20.1.2).

Wenn nur ein Umweltziel, ein Schadstoff, wenige Verbrauchs- und Emissionspunkte/-quellen berücksichtigt werden müssen, ist bei der Wahl der Technik eine Kosteneffizienzanalyse eine überschaubare Angelegenheit. Es ist ausreichend mögliche Maßnahmen zur Behandlung des Schadstoffs auf Basis der Grenzkosten und des Minderungspotentials zu reihen und die preiswerteste Maßnahme oder Kombination von Maßnahmen, die das Umweltziel erreicht, zu wählen. Normalerweise beinhaltet eine Analyse mehrere Verbrauchs- und Emissionspunkte, Schadstoffe, Behandlungsverfahren, Wechselbeziehungen und Zielkonflikte. Die preiswerteste Lösung ist nicht einfach zu bestimmen.

Das ECM-Merkblatt liefert Informationen zur Bewertung von Kosten und Nutzen als auch zur Bewertung von Techniken, die am effektivsten beim Erreichen eines hohen allgemeinen Umweltschutzniveaus sind (d.h. sie haben die geringsten medienübergreifenden Auswirkungen).

Es sind einige Leitfäden und Modelle entwickelt worden zur Hilfe bei der Bewertung von Kosten und Umweltvorteilen. Beispiele sind in Annex 24.1 aufgeführt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Hilft beim Identifizieren der kostengünstigsten Option.

**Medienübergreifende Effekte:** Hilft beim Identifizieren der Techniken oder Kombinationen von Techniken mit den geringsten medienübergreifenden Auswirkungen.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Der Umfang dieser Analyse hängt von der Anlagengröße und der Anzahl der veränderlichen Größen ab. Eine vollständige medienübergreifende Studie wird selten durchgeführt. Siehe Abschnitt 20.1.2.

Beim Verwenden von Modellen zur Entscheidungshilfe ist es unerlässlich, dass:

- das Ziel des Modells verstanden ist, so dass man tatsächlich die Hilfe, die man erwartet, bekommt. Zum Beispiel kann es ein Werkzeug für strategische Entscheidungen sein oder zur Bewertung von medienübergreifenden Effekten und/oder Kosteneffizienz auf Anlagenniveau oder zur Information der nationalen Politik
- alle gemachten Annahmen überprüft werden
- die Ergebnisse des Modells in einer Form vorliegen, die vergleichbar mit anderen Daten, die berücksichtigt werden sollen, sind, z.B. jährliche Kosten oder basierend auf einem Herstellungsverfahren oder Emissionsmaßnahmen, die vergleichbar sind (siehe dazu BVT-Merkblatt ECM für Hinweise)
- man versteht, dass ein Modell nicht alle Daten zu allen zu berücksichtigenden BVT-Optionen enthalten kann (einschließlich neuer, die nicht in diesem Dokument aufgeführt sind). Es können also mehr Möglichkeiten zur Verfügung stehen.
- sowohl Verbrauch als auch Emissionen bewertet werden. Das ist insbesondere im Falle des Energieeinsatzes (und damit für $CO_2$), und in manchen Fällen für $SO_x$ und $NO_x$ -Emissionen sehr wichtig.

Beim Berücksichtigen von Maßnahmen auf Anlagenniveau ist es wichtig andere Faktoren, die eine Wahl beeinflussen können, zu berücksichtigen. Einige davon sind in Kapitel 21 aufgeführt, z.B. Faktoren, die die Einführungsgeschwindigkeit beeinflussen, die Qualität und Kundenanforderungen, usw.

**Wirtschaftlichkeit:** Hilfe beim Identifizieren der kostengünstigsten Option.

**Gründe für die Einführung:** Hilfe beim Identifizieren der kostengünstigsten Option. Andere Vorschriften als die EU-Lösemittelrichtlinie, Wasserrahmenrichtlinie, z.B. Modelle wie EGTEI und MKM (VITO) . Diese Modelle zielen auf Produktionskosten von Emissionsminderungstechniken und Kosten-Nutzen für verschiedene Tätigkeiten, regionale und nationale Szenarien ab, und sie stellen Daten für RAINS zur Verfügung.

**Beispielbetriebe:** Beispiele führt das ECM-Merkblatt auf. Beispiele für Modelle sind in Anhang 24.1 angegeben.

**Referenzliteratur:** [95, Vito, 2005, 97, EIPPCB, 2005, 132, EGTEI, 2005, 133, EGTEI, 2005] [128, TWG, 2005].

## 20.2 Anlagenbauart, Errichtung und Betrieb (einschließlich guter Betriebsführung/ good housekeeping)

Dieser Abschnitt umfasst die Bereiche und Maßnahmen in einer Anlage, die nicht an anderer Stelle besprochen werden, insbesondere die Verhinderung von Emissionen in den Boden, das Grundwasser und das Oberflächenwasser, und ebenfalls Techniken, die auch bei der Verhinderung von diffusen Emissionen in die Luft relevant sind. Wenn man aber den integrierten Betrieb und die Komplexität einer IVU-Anlage berücksichtigt, sind Überlappungen mit anderen Abschnitten und Wiederholungen nicht vermeidbar; diese wurden, wenn es bemerkt wurde, mit einem Querverweis versehen.

Bauart, Errichtung und Betrieb (manchmal als gute Betriebsführung oder gute Praxis bezeichnet) zur Verhinderung von Verschüttungen und Leckagen sind ausführlich an anderer Stelle beschrieben, wie z.B. allgemein im BVT-Merkblatt ESB [91, EIPPCB, 2005], in nationalen Leitfäden [119, RIZA, 1999], [120, INRS, 1998] und auch spezifisch für diesen Sektor [89, Envirowise, 2003]. Die folgenden Abschnitte sind deshalb nur eine kurze Zusammenfassung von Kernelementen für diese Branche/Sektor.

### 20.2.1 Verhinderung von Umweltverschmutzungen bei ungeplanten Freisetzungen

**Beschreibung:** Ein geplanter, integrierter Ansatz kann Unfälle mit Umweltauswirkungen oder ungeplante Freisetzungen vermindern, beginnend mit der Identifizierung solcher Effekte in der Anlage, die wesentliche Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Den identifizierten Risiken kann dann durch sorgfältige Wahl von Bauart und Errichtung begegnet werden, als auch durch das Managementsystem, das sich der Vorbeugung, Abschwächung und dem Management von Unfällen und Notfällen widmet und dem Zuwiderhandeln von Genehmigungsbedingungen.
Rechtliche Anforderungen und/oder Vorschriften zur guten Betriebsführung, um Umweltverschmutzungen zu verhindern, werden in einigen Ländern angewendet. Viele Anlagen in diesem Sektor haben von der Einführung solcher Verfahren profitiert. Die folgenden Maßnahmen sind Schlüsselbeispiele dafür, wo diese Techniken die Häufigkeit und die Auswirkungen von akuten und chronischen Verschmutzungen nicht nur in die Luft, sondern auch in Oberflächen- und Grundwasser und den Boden reduziert haben. Sie helfen auch dabei, die Betriebsabläufe kosteneffizienter zu gestalten:

- regelmäßige und außerregelmäßige Wartungen von Abdeckungen und Rohrverbindungen von Leitungen bei der Lösemittellagerung und Bereitstellung
- Bereitstellung und Lagerung von Rohstoffen
- Prozessregulierung, Prozess- und Umweltüberwachung.

Einige Kernpunkte bei der Verhinderung von Umweltverschmutzungen sind:

- die Identifizierung der Gefahr und der Ausbreitungswege
- ein einfaches Ranking des Gefahrenpotentials.

Eine dreistufige Einführung von Maßnahmen zur Verhinderung von Umweltverschmutzungen:

- Primärmaßnahmen (strukturelle):
  - ausreichende Anlagendimensionen
  - Wahl der Dichtungsmaterialien, wo Chemikalien gelagert werden oder mit ihnen umgegangen wird, z.B. für den Bodenbelag, geschlossene Bereiche (siehe Sekundärmaßnahmen unten)
  - Stabilität in der Prozesslinie und bei Anlagenteilen (einschließlich zeitweilig oder unregelmäßig verwendeter Ausrüstungsteile wie Pumpen oder Vorratsbehälter für gelegentliche Wartungsvorgänge).

- Sekundärmaßnahmen (Anlage oder Ausrüstung):
  - Einhausung (oder doppelte Einhausung/Doppelhülle) bedeutet zusätzlichen Schutz vor Lagertankleckagen zusätzlich zu den tankeigenen Schutzvorkehrungen (in diesem Sektor können Tanks für die Lagerung oder Produktion bestimmt sein). Es gibt zwei Hauptarten für einen Doppelschutz vor Leckagen, und diese sind Teil der Tankkonstruktion, wie z.B. Doppelböden von Tanks (nur für überirdische Tanks), Doppelhaut- oder Doppelwandtanks und undurchlässige Barrieren, die au dem Boden unter dem Tank angeordnet sind und sicherstellen, dass die Wege zur Kanalisation oder zum Grundwasser blockiert oder minimiert werden, z.B. durch Sicherstellen, dass Mannlöcher effektiv gegen Lösemittelaustritte abgedichtet werden, offene Entwässerungen geschlossen und abgedichtet werden usw.
  - korrekte Spezifikation der Größe und Stärke von Tanks oder Lagerbehältern zur Aufnahme von abgepumpten Flüssigkeiten (siehe auch Stabilität unter Primärmaßnahmen oben) oder Installation einer selbstüberwachenden Volumenkontrolle)
  - Anlage zur Leckageüberwachung
- tertiäre Maßnahmen (Managementsysteme):
  - Inspektionen durch externe und interne Experten einschließlich regelmäßiger Wartungen
  - Gefahrenpläne für mögliche Unfälle
  - Testprogramme.

Die Identifizierung von Maßnahmen und Zielen, die Umweltwirkung betreffend, kann die Wahl des Grundstücks, der Anlage und der Ausstattung als auch die Bauart und Bauweise der Infrastruktur und der Gesamtanlage bestimmen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Hilft die diffusen Emissionen in die Luft zu vermindern. Insbesondere sinnvoll bei der Minimierung von Verschmutzungen von Boden und Grundwasser auf Wegen, die nicht sofort sichtbar sind und schwierig zu identifizieren. Unterstützt den Anlagenrückbau. Minimierung von nichtvorhergesehenen permanenten oder plötzlich aufgetretenden Ableitungen in das Oberflächenwasser oder die öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine nachteiligen Auswirkungen.

**Betriebsdaten:** Sorgfältige Planung und Auslegung unter Berücksichtigung von Betriebserfahrungen können den Routinebetrieb, die Wartung und die Überwachung einfacher, billiger und umweltsicherer machen.

**Anwendbarkeit:** Diese Maßnahmen können in allen Anlagen angewendet werden; sie sind aber am einfachsten bei der Planung und Erstauslegung und während der Bauphase einzuführen. Viele Änderungen können bei größeren Erweiterungen durchgeführt werden, während einige Verbesserungen bei bestehenden Anlagen während normaler Wartungsperioden gemacht werden können. Nachträgliche Verbesserungen können aber auch schwieriger sein und sind möglicherweise nicht effektiv. Verschiedene Standards und Leitlinien können auch Teil einer langfristigen Planung von Anlagenverbesserungen bilden.

**Wirtschaftlichkeit:** Sie sind Teil der Investitionskosten bei Erstinvestitionen oder wesentlichen Änderungen. Einige Techniken können bei Neubauanlagen oder wesentlichen Änderungen ohne Kosten eingeführt werden. Oftmals können sich die Kosten amortisieren durch effizienteren Betrieb, Wartung und die Vermeidung von Kosten, die durch Unfälle oder durch Verletzung von Genehmigungsbedingungen entstehen.

**Gründe für die Einführung:** Verpflichtung des Betriebes zur Vorsorge und mögliche Haftpflicht für entstehende Umweltschäden. Die Seveso-Richtlinie (novelliert), da wo relevante Stoffe und Mengen gelagert werden.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitete Anwendung in vielen Ländern.

**Referenzliteratur:** [91, EIPPCB, 2005] [59, EIPPCB, 2005] [119, RIZA, 1999] [111, Eurofer, 2003] [120, INRS, 1998] [187, EC, 1996] [128, TWG, 2005]

### 20.2.2 Lagerung und Handhabung von Chemikalien, gefährlichen Stoffen und Abfällen

**Beschreibung:** Die Lagerung und Handhabung von gefährlichen Stoffen wird detailliert im BVT-Merkblatt ESB beschrieben [91, EIPPCB, 2005]. Lagerung und Handhabung von gefährlichen Stoffen ist notwendig, um die Materialversorgung der Anlagen zu gewährleisten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lagerbereiche und Handhabung in für diesen Zweck errichteten Räumen mit geeigneter Ausrüstung reduziert die Umweltrisiken.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Die folgenden Verfahren sind in dieser Branche von Bedeutung:

- Es werden nur kleine Mengen direkt in den Anwendungsbereichen gelagert. Bei größeren Mengen sind separate Räume zur Redzierung von Brand- oder Umweltrisiken erforderlich.
- Großlagertanks für Lösemittel oder Flüssigkeiten, die Lösemittel enthalten, können eine Gaspendelung mit dem Zuführtank während der Füllvorgänge haben oder adsorbieren Dämpfe an Aktivkohle. Gaspendelung erspart wahrscheinlich nur 0.01 bis 0.03 % der Lösemittelmenge, die im Tank gelagert wird und wird wahrscheinlich nur da in Betracht gezogen, wo sie einen größeren Vorteil erzielt
- Vorhalten eines Aufnahmebehälters für fallbedingte Verschüttungen (z.B. Auffangwannen für kleine Verschüttungen), Vorhalten von adsorbierenden Stoffen an sensiblen Orten
- Die untertägige Lagerung von gefährlichen Stoffen stellt ein großes Risiko bei unvorhergesehenen Leckagen dar, Boden oder Grundwasser werden verunreinigt, als auch unbemerkte Emissionen in die Luft können auftreten. Das kann durch oberirdische Lagerung verhindert werden, oder wenn eine Untergrundlagerung mit Doppelhüllenkonstruktionen und/oder Leckageüberwachungssystemen angewendet wird.
- Alle festinstallierten Großraumtanks sollten mit hörbaren und/oder sichtbaren Überfüllanzeigen oder Volumenanzeigen zur Warnung bei Überfüllung ausgerüstet sein. Da, wo es hinsichtlich der Viskosität des gehandhabten Materials oder angewendeten Pumpensystems praktikabel ist, sollte das Abfüllsystem mit der Alarmanlage verbunden sein. Das Füllstandsystem sollte mit der Alarmanlage zur Verhinderung von Überfüllungen verbunden sein.
- Einzelfüllstutzen für jeden Tank, um Fremdverunreinigungen von (besonders unverträglichen) Stoffen zu vermeiden.

Techniken für große Behälter/ Tanks können im BVT-Merkblatt ESB gefunden werden. Insbesondere schließt das Techniken, die die Reflektion erhöhen und die Wärmeabsorption aufgrund von Sonneneinstrahlung vermindern und deshalb die Lösemittelverluste durch Verdampfung mindern, ein:

- Streichen von oberirdischen Tanks in weiß oder Aufbau von 'Sonnenschirmen' oder 'Solarschilden'
- Verwenden von Festdachtanks mit innerer Schwimmdecke (abhängig von der Entleerungsfrequenz).

**Anwendbarkeit:** Die spezielle Lagerung von gefährlichen Stoffen ist aufgrund von rechtlichen Anforderungen oder der guten Praxis weitverbreitet. Siehe Gaspendelung in Betriebsdaten oben.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften und der Verhinderung von Unfällen. Man muss beachten, dass unterschiedliche nationale Vorschriften innerhalb Europas existieren.

**Beispielbetriebe:** Angewendet in allen Industriezweigen, die unter den 'Geltungsbereich des Dokumentes' fallen.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [121, UK DEFRA und Anmerkungen, 2003] [68, ACEA, 2004, 91, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 20.2.2.1 Handhabung und Verwendung von Lösemitteln in Produktionsbereichen

**Beschreibung:** Wo VOC-haltige Lösemittel eingesetzt werden, können die folgenden allgemeinen Maßnahmen und Grundsätze angewendet werden, um sicher zu stellen, dass die Lösemittel in luftdichten (oder quasi-luftdichten) Behältern zurückgehalten werden:

- Abdeckung, z.B. Verwenden von Deckeln auf möglichen Emissionsquellen
- Wiederverschließen von teilentleerten Fässern oder Dosen mit Lösemitteln, um Verdunstungsverluste zu verhindern
- Fernhalten der Lösemittelbehälter von Wärmequellen und Luftzug (z.B. Bewegen der Gabelstapler in der Nähe offener Behälter) zur Reduzierung von Verdunstungen
- Einhausen von Behältern, Vorratsbehältern und Maschinen soweit als möglich unter Verwendung von gut sitzenden dichtenden Deckeln und Abdeckungen
- wo Behälter und Vorratsbehälter keine geeigneten Abdeckungen haben, Verwenden von Kunststoffplanen oder antistatischen Kunststoffabdeckungen, wenn erforderlich, mit Gummibändern, Reifenschläuchen oder Nylon-Klettverschlüssen (sofern diese Materialien nicht von den damit abgedeckten Lösemitteln aufgelöst werden) befestigt. Solche Abdeckungen haben den zusätzlichen Nutzen, dass sie Staub und Schmutz fernhalten
- Lagern von Abfällen, die Lösemittel enthalten, z.B. verschmutzte Tücher und lösemittelhaltige Reste in Behältern (siehe auch Abschnitt 20.11.2.8)
- Verwenden von Messsystemen oder kontrollierte Dosierung, um den Anfall von Überschussmaterial, das wiederverwendbare Lösemittel enthält, zu verhindern, z.B. kann man kleine Teile effektiv mit imprägnierten Tüchern reinigen
- Vermeiden von manuellen Arbeitsgängen durch Beförderung der Lösemitteln und der lösemittelhaltigen Materialien in geschlossenen Leitungssystemen (z.B. Ringleitung) zum Einsatzbereich. Die Vorteile schließen ein:
  - reduziertes Risiko von Verschüttungen während des Transports und Umfüllens
  - bessere Eingrenzung und geringeres Risiko der Gefährdung durch Schadstoffe
  - Möglichkeit des Einbaus von Durchflussmessern, die eine genaue Überwachung ermöglichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderung der VOC-Emissionen in die Luft.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Gesundheits- und Arbeitsschutzfragen können entscheidend sein, ob und wie Lösemittelbehälter abgedeckt werden.

**Anwendbarkeit:** Zu beachten ist, dass sich viele Lösemittel mit einem Wechsel der Umgebungstemperatur erheblich ausdehnen und zusammenziehen. Deshalb sollte, in Abhängigkeit von den verwendeten Lösemitteln, ausreichend Platz dafür in Lagerbehältern vorhanden sein, z.B. sollten Behälter rund 10 % Zusatzvolumen haben.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Übereinstimmung mit rechtlichen Anforderungen, z.B. EU-Lösemittelrichtlinie.

**Beispielbetriebe:** Airbus France verwendet imprägnierte Tücher.

**Referenzliteratur::** [76, TWG, 2004] [89, UK and Programme, 1996] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

### 20.2.3 Automatisierung von Anlagenteilen

**Beschreibung:** Viele Betriebsabläufe in einer Anlage können abhängig von den Tätigkeiten der Branche automatisiert werden. Beispiele sind:

- Roboterspritzen:
  - von Autos, siehe Abschnitte 6.2.4.1 und 6.2.4.2
  - von LKWs, siehe Abschnitt 7.2.1
  - von Schiffen, siehe Abschnitt 11.4.4
  - von Kunststoffen, siehe Abschnitt 16.2
- automatische Mischanlagen, siehe Abschnitt 20.6.3.1
  - beim Drucken, nur anwendbar beim Flexoverpackungsdruck (siehe Abschnitt 2.4.2)
- Walzenauftrag, siehe Abschnitt 20.7.3.1
- Gießen, siehe Abschnitt 20.7.3.2
- Zufuhr von Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Materialien über Zuleitungen (siehe Abschnitte 20.2.2.1, 20.6.3.4 und 20.6.3.5).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minimiert Overspray, reduziert Staub, erhöhte Materialeffizienz und Abfallminderung, weniger Abfalllösemittel.

**Medienübergreifende Effekte:** Siehe entsprechende Abschnitte.

**Betriebsdaten:** Siehe entsprechende Abschnitte. Siehe Beispielbetrieb unten (Siehe Tabelle 20.2 und Table 20.3).

**Anwendbarkeit:** Siehe entsprechende Abschnitte. Weitverbreitet bei der Lackierung von Fahrzeugen. Verwendung beim Lackieren von Flugzeugteilen.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe entsprechende Abschnitte. Zur Einsparung von Material und Zeit bei der Fahrzeuglackierung, siehe Tabelle 20.2 und Tabelle 20.3).

**Gründe für die Einführung:** Erhöhen der Qualität und der Produktivität.

**Beispielbetriebe:** Siehe entsprechende Abschnitte.
Flugzeugteile: Airbus, Nantes, Frankreich
Fahrzeuge: Seat Martorell, Spanien; VW Pamplona, Spanien, and VW, Südafrika; Renault, Flins, Frankreich; BMW, Pulverklarlack mit ESTA, München, Deutschland, Mercedes, Deutschland.

| **Obere Mittelklasseautos, 500 Einheiten pro Tag. Innen(raum)lackierung:**<br>145 ml Vordertür, 130 ml hintere Tür, 255 ml Motorraum, 150 ml Kofferraum.<br>Der Lack kostet 10 €/l.<br>Anmerkung: Es wurden keine weiteren Grunddaten (baseline data) mitgeteilt | | |
|---|---|---|
| **Umstellung von manuellem Spritzen mit Druckluft auf**: | ESTA | Von automatischem Druckluftspritzen auf ESTA-Roboter |
| **Lackeinsparungen:** | 138000 l/a<br>1.2 l/Einheit | 60950 l/a<br>0.53 l/Einheit |
| **Kosteneinsparungen pro Jahr:**<br>**CPU (Kosten pro Einheit) eingespart:** | 1380000 €/a<br>12 € | 609500 €/a<br>5.3 € |
| **Amortisationszeit, nur für die Lackierkosten (ROI)** | 20 Monate | 13 Monate |
| Auftragswirkungsgrad: Luft 30 – 35 %, ESTA 40 – 60 %<br>Linienlänge reduziert um bis zu 60 %<br>Liniengeschwindigkeit reduziert um bis zu 25 %<br>Lackierzeit reduziert um bis zu 25 %<br>Höhere Qualität aufgrund von Umgriffen<br>Staubreduktion durch geringere Luftmenge<br>Schichtdicke: gleich, möglicherweise dicker | | |

**Tabelle 20.2: Beispiele für die Einführung des Innenraum-Roboterspritzens an einer Fahrzeugmontagelinie (PKW) [162, Eurocar, 2005]**

| | |
|---|---|
| **Obere Mittelklasseautos, 500 Einheiten pro Tag. Metalliclackierung:**<br>lackierte Oberfläche pro Einheit 9.5m$^2$. Grundlack 2-Schichten Dichte 5 µm, Feststoffgehalt 15 %.<br>Kosten des Lacks 10 €/l<br>Anmerkung: Es wurden keine weiteren Grunddaten (baseline data) mitgeteilt | |
| **Lackeinsparung pro Jahr:**<br>**Pro Einheit:** | 41 641 l/a<br>0.45 l/Einheit |
| **Kosteneinsparung pro Jahr:**<br>**CPU (Kosten pro Einheit) Einsparung:** | 416410 €/a<br>4.5 € |
| **Amortisation (ROI)** | 10 Monate |

**Tabelle 20.3: Beispiele für die Einführung des Roboterspritzens der Außenhülle unter Verwendung von Metallicfarben an einer Fahrzeugmontagelinie (Autos)**
**[162, Eurocar, 2005]**

**Referenzliteratur:** Siehe relevante Abschnitte 'Beschreibung' oben angeführt [162, Eurocar, 2005]

### 20.2.4 Training/ Ausbildung

Ausbildung ist ein wesentlicher Teil eines Umweltmanagementsystems (UMS) (siehe Abschnitt 20.1.1 (c) ii).

**Beschreibung:** Personal, das viele Funktionen übernimmt und Anlagen bedient, benötigt eine adäquate Ausbildung. Theoretische und praktische Übungen zur Handhabung, Verwendung und Reinigen mit Lösemitteln und von zugehörigen Anlagen ist unabdingbar. Neue Lackier- oder Druckmaterialien, -systeme und Auftragsanlagen benötigen verändertes Verhalten. Neue Lackiermaterialien weisen oft beschränkte Anwendungsfenster auf, für die die technischen Fertigkeiten der Bediener und der Hilfskräfte verbessert werden müssen, andernfalls führt es zu Problemen, wie einem zu dicken Filmauftrag.

Umwelt-, wirtschaftliche und gesundheitliche Auswirkungen können auch eine verstärkte Rolle spielen. Eine schriftliche Dokumentation sollte für alle Arbeitsgänge, die mit der Handhabung oder Verwendung verbunden sind, enthalten:

- Prozesshandbücher sollten die genaue Menge der erforderlichen Chemikalien, Gesundheits- und Sicherheitsdaten angeben und sollten relevante Betriebsabläufe identifizieren
- Betriebsabläufe sollten erklären, wie bestimmte Anlagen/Ausrüstungen in Verbindung mit bestimmten Lösemitteln oder Lacken/Beschichtungen verwendet werden
- Handhabung von Verschüttungen usw. (siehe Abschnitt 20.2.1).

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierter Rohstoffverbrauch und Abfallanfall. Geminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit der Angestellten. Verbessert und hält die Qualität aufrecht.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [89, UK and Programme, 1996].

### 20.2.5 Optimierung von Prozessen/ Anlagen

**Beschreibung:** Die meisten Maßnahmen erfordern eine Optimierung, d.h. Verbrauch und/oder Emissionen werden gemeinsam mit anderen Parametern, wie Qualität, Durchsatz usw., während bestimmte Prozessvariablen verändert werden, überwacht. Die Optimierung kann mit Auslegungsprozessen beginnen und wird oftmals durch oder mit Unterstützung der Prozesslieferanten durchgeführt. In einigen Fällen können Softwareprogramme verwendet werden.

Beispiele sind:

- Optimieren von Bauart und Betrieb der Abgasbehandlung durch Software, siehe Abschnitt 20.11.1
- Optimieren des Heatset-Offsetdruckens für niedrigen IPA-Verbrauch, siehe Abschnitte 2.4.1.3.2, 2.4.1.3.4 und 2.4.1.5, etc.

**Erreichte Umwelteffekte:** Ermöglicht das Optimieren eines Arbeitsganges bezüglich Wasser, Energie und Einsparung von Rohstoffen, als auch die Minimierung von Emissionen, insbesondere von VOC.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Kann vorhandene Daten verwenden und kann zur Bewertung/ zum Leistungsvergleich (Benchmarking) als auch für geplante Verbesserungen verwendet werden.

**Anwendbarkeit:** Bei allen Arbeiten.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Gründe für die Einführung unten.

**Gründe für die Einführung:** Das Optimieren von Umweltauswirkungen kann auch Arbeitsabläufe und die ökonomische Leistung optimieren.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet angewendet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005]

### 20.2.6 Wartung

Die Wartung aller Anlagen und Ausrüstungen ist unabdingbar und bildet einen Teil eines UMS (siehe Abschnitt 20.1.1 (c) vii).

**Beschreibung:** Einhalten eines Wartungsplans und Aufzeichnungen zu allen Inspektionen und Wartungsarbeiten.

- Visuelle Überprüfung auf undichte Dichtungen, Flansche, Ventile, Schweißnähte, Tanks und Tankwälle
- Drucktests an Piplines und Tanks
- Überprüfen des festen Sitzes von Schrauben und Bolzen
- Überprüfen der Abnutzung von Ausrüstungen, Ventilen und Tankwällen
- Neueinstellung von Messanlagen
- Sicherstellen, dass Absaugung und Behandlungsanlage voll einsatzfähig sind und dass:
  - Trockner und Öfen nicht undicht sind
  - Verrohrungen nicht undicht sind
  - Nebenleitungen/ Überbrückungen in gutem Arbeitszustand sind (d.h. nicht abgeklemmt).

Wo es möglich ist, sollte ein vorsorgendes Wartungsprogramm vereinbart und durch Computersoftware unterstützt werden. Bei der Erledigung von geplanten täglich anfallenden Wartungsarbeiten kann eine Wartungssoftware sicherstellen, dass kein Wartungsschritt vergessen wird. Anlagenbediener können Lecks, gebrochene Ausrüstungsteile oder Leitungen usw. identifizieren und dadurch helfen, unvorhergesehene Wartungsarbeiten darauf auszurichten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Vermindert Lösemittelverluste in die Luft, erhöht die Effektivität und Produktqualität und hilft, den Arbeitsplatz sauber und angenehm zu halten.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Anwendung weitverbreitet in diesem Sektor.

**Referenzliteratur:** [89, UK and Programme, 1996]

## 20.3 Überwachung

Hinsichtlich der Überwachung stellt das BVT-Merkblatt zum Monitoring (MON) [113, EIPPCB, 2003] eine Anleitung zur Verfügung stellen und listet entsprechende geeignete Quellen für Standardabläufe auf, die man dafür verwenden kann, einschließlich:

- Direkte Überwachung, das die Gesamtemissionen feststellt einschließlich der Überwachung von diffusen Emissionen, Ersatzparametern und Massenbilanzen
- zeitliche Steuerung der Probenahme
- Umgehen mit Unsicherheiten.

### 20.3.1 Massenbilanz für Lösemittel

**Beschreibung:** Als Teil des Verständnisses von Umweltauswirkungen (footprint)/ eines Umweltmanagementplans einer Anlage (siehe Abschnitt 20.1.2) muss ein Betreiber wissen:

- wie viele Lösemittel werden verwendet und wo
- wie viele Lösemittel werden emittiert und wo.

Die Abgabe von organischen Lösemitteln mit dem Abgas und als diffuse Emissionen ist schwieriger als andere Emissionen, wie z.B. Wasser, zu bestimmen. Die Emissionen werden über eine Stofflbilanz bestimmt, die auch als Lösemittelbilanz bezeichnet wird. Ein Lösemittelmanagementplan ist ein Werkzeug, das eine Massenbilanz benutzt. Anhang III der EU-Lösemittelrichtlinie enthält eine Anleitung darüber, was für einen Lösemittelmanagementplan benötigt wird. [123, EC, 1999]. Das schließt die anzuwendenden Grundsätze ein und einen Rahmen für eine Massenbilanz. Ein Lösemittelmanagementplan (eine Massenbilanz) wird zur Bestimmung von bestimmten Anforderungen verwendet, wie z.B.:

- Nachweis der Übereinstimmung mit einem Reduzierungsplan, angegeben als Gesamtemissionsgrenzwert, z.B. als Lösemittelemissionen pro Produktionseinheit, oder andere Einheiten (siehe Anhang 24.2)
- Bestimmung der diffusen Emissionen.

Bild 20.1 zeigt alle üblichen Input- und Output-Möglichkeiten für Lösemittel.

Die fünf häufigsten Fälle sind (erklärt in Anhang 24.4):

- keine End-of-Pipe-Behandlung ohne interne Lösemittelwiederverwendung
- End-of-Pipe-Behandlung ohne interne Lösemittelwiederverwendung
- keine End-of-Pipe-Behandlung mit interner Lösemittelwiederverwendung
- Lösemittelrückgewinnung und -wiederverwendung (intern oder extern)
- Einsatz einer zerstörenden End-of-Pipe-Behandlung, und diffuse Emissionen (z.B. Reinigungsmittel) können leicht direkt bestimmt werden
- Einsatz einer End-of-Pipe-Behandlung, und diffuse Emissionen sind nicht leicht bestimmbar.

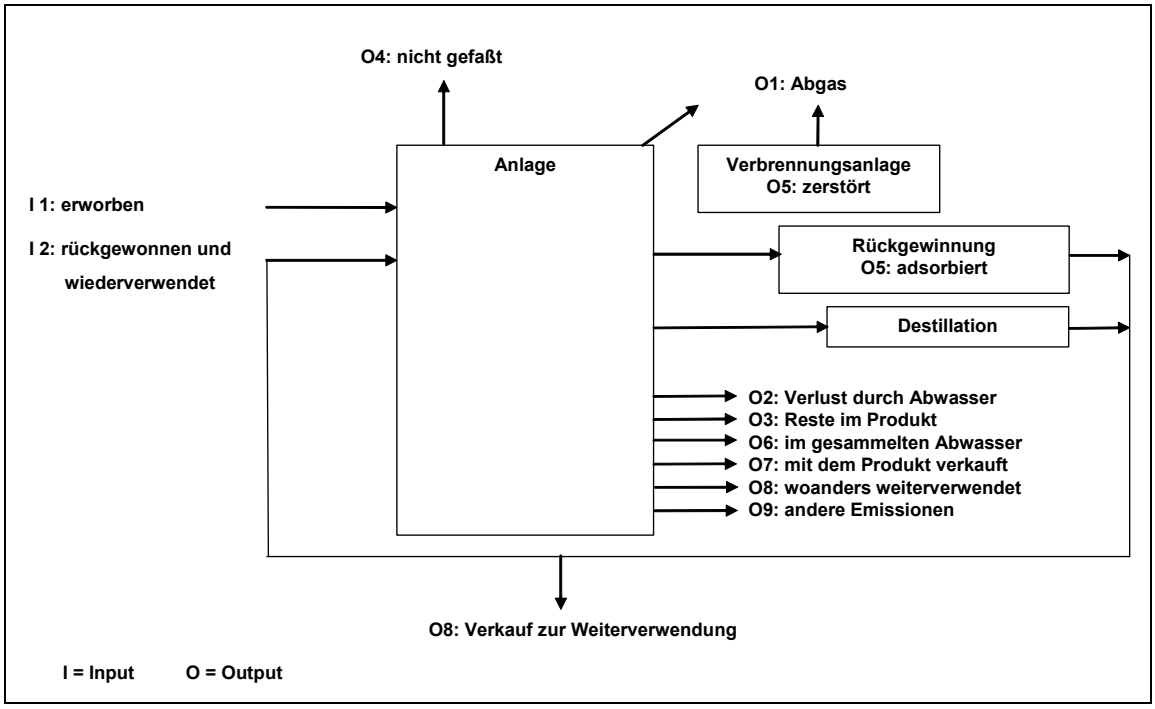


**Bild 20.1: Alle Lösemittel- Inputs und Outputs (Zugrundelegung der Definitionen der EU-Lösemittelrichtlinie)**

Die Gesamtemissionen E = O1 + diffuse Emissionen

Die diffusen Emissionen (F) können berechnet werden als:

$$F = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

(Es ist unwahrscheinlich, dass O7 bei den Branchen, die in diesem Dokument berücksichtigt sind, vorkommt.)

oder $F = O2 + O3 + O4 + O9$

F kann durch direkte Messung des Input (I) und des Outputs (O), siehe Abschnitt 20.3.2 unten, bestimmt werden.

Das Berechnen einer Massenbilanz beinhaltet normalerweise eine Mischung aus direkten Messungen und Schätzungen, die für eine bestimmte Situation gemacht werden (siehe Anhänge 24.2, 24.3 und 24.5). Eine Technik/ein Verfahren, das in verschiedenen Industriezweigen benutzt wird (z.B. die Anwendung in der Autoindustrie siehe Anhang 24.5), basiert darauf, dass bei einem Abgasbehandlungssystem, welches die Emissionen aufnimmt und mit einer gewissen Zerstörungsleistung arbeitet, die folgenden Schritte zugrunde gelegt werden:

- Messen des Lösemitteleintrags (I = I1 + I2)
- Messen der Menge an Emissionen in das Wasser und Verluste als Abfall usw. (Verluste = O2, O3, O6, O7, O8, O9)
- Messen oder Berechnen der Abscheideleistung der Abgasbehandlungsanlage
- Schätzen der Menge an Lösemitteln, die der Abgasbehandlung zugeführt werden (I - Verluste)
- Multiplizieren der Lösemittelmenge mit der prozentulaen Abscheideleistung der Behandlungsanlage = Abgasemissionen O1
- diffuse Emissionen (wie oben): F = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8 oder F = O2 + O3 + O4 + O9

Bemerkung: es ist nicht notwendig O1 zu berechnen, um die diffusen Emissionen zu berechnen: O1 wird benötigt, wenn die Gesamtemissionen berechnet werden (wenn man z.B. einen Gesamtemissionswert einhalten muss oder wenn ein Reduzierungsplan verwendet wird, siehe Anhang 24.2).

Lösemittelbilanzen, deren Funktion der Nachweis der Übereinstimmung mit Rechtsvorschriften und Umweltgenehmigungen ist, werden normalerweise jährlich erstellt. So eine Bilanz kann aber auch öfter angefertigt werden, z.B. monatlich oder vierteljährlich aus den folgenden Gründen:

- Zunächst muss der Betreiber Mannstunden (Ressourcen) aufwenden, um ein geeignetes Datensammelsystem zur Erhebung und Überprüfung der Lösemittelbilanz einzurichten, z.B. sind in großen Firmen ein oder zwei Manntage pro Monat erforderlich. Nachdem das Verfahren eingerichtet ist und Schlüsselmessungen identifiziert wurden, können sie einfach überwacht werden (siehe Abschnitt 20.1.3).
- Häufigere Lösemittelbilanzen können einfacher als jährliche Bilanzen sein. Sie können z.B. auf ein Datenblatt aufgetragen und/oder Schlüsselindikatoren für regelmäßige Überprüfungen verwendet werden, so können Bestandsänderungen eher in der Verwaltung abgefragt als durch Inventur erhoben werden.
- Das Erstellen einer Lösemittelbilanz ist nicht immer einfach. Die Firma wird sich entlang einer Lernkurve bewegen. Lösemittelbilanzen müssesn einige Male durchgeführt werden bevor erwartet kann, dass sie korrekt sind.
- Häufige Bilanzen, die Trends abbilden, können als Frühwarnung bei aufkommenden Problemen dienen. Eine Bilanzierung wird aufdecken, wo wahrscheinlicherweise Emissionsgrenzwerte überschritten werden, so dass es möglich ist, die Situation zeitnah zu korrigieren und die Lösemittelbilanz, die für das Gesamtjahr gemacht wird, erfüllt werden kann.

Um eine Extraüberprüfung der Richtigkeit von häufigen Bilanzen zu haben, sollte eine Jahresbilanz nicht die bloße Summe der Einzelbilanzen sein, sie sollte soweit wie möglich separat aus den Originaldaten erstellt werden. Die Jahresbilanz kann dann mit der Summe der häufigen Bilanzen zum Finden von Unstimmigkeiten verglichen werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelbilanzen sind unabdingbar zur Abschätzung und daraus-folgend Begrenzung diffuser Emissionen. Häufige Bilanzen zeigen unregelmäßige Situationen auf, mindern das Umweltrisiko und ermöglichen die Minderung von Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Emissionskennzahlen sollten vergleichbar sein und es ist wichtig, dass innerhalb einer Branche die gleichen Definitionen verwendet werden, insbesondere, was als ‚Lösemittel' zum Zwecke der Massenbilanz eingestuft ist. Es ist wichtig zu wissen, dass die EU-Lösemittelrichtlinie VOC nicht nur über den Dampfdruck bei Standardbedingungen definiert, sondern jede Verbindung, die eine vergleichbare Flüchtigkeit unter den bestimmten Verwendungsbedingungen aufweist.

Beim Ableiten einer Massenbilanz werden normalerweise Annahmen zur Arbeitsleistung jeglicher Abgasabsaugung oder Abgasbehandlungsanlage gemacht. Zum Beispiel ist die Umluftmenge so hoch wie ausgelegt (d.h. keine unvorhergesehenen Verbindungen), Anlagenteile, wie Lüfter arbeiten mit ihrer Nennleistung usw., Luftstromvolumina können groß sein (in einigen Fällen z.B. haben sie eine Größenordnung von $10^6$ $m^3/h$), so dass Fehler bei diesen Zahlen große Fehler bei der Berechnung der Emissionen verursachen (siehe Anhänge 24.2 und 24.3).

Damit diese Annahmen als zulässig angesehen werden können, muss das Lüftungssystem überprüft und in gutem Arbeitszustand gewartet sein (siehe Abschnitt 20.2.6 und insbesondere Abschnitt 20.11.1.2). Beispiele für auftretende Probleme sind (siehe Anhang 24.3):

- das Absaugsystem wurde nicht gebaut, wie ausgelegt, oder wurde verändert, ohne dass die Zeichnungen aktualisiert wurden
- automatische Druckkontrolle, Armaturen und Dämpfer arbeiten nicht wie vorgesehen
- die Anlage arbeitet auf falsche Weise, d.h. bläst anstatt abzusaugen, der Abluftstrom geht in die falsche Richtung, usw.
- Lüftermotoren, Antriebsriemen und/oder Riemenscheiben wurden gewechselt und führen zu veränderten Durchflussraten

Zur Bestimmung des Volumenstroms siehe Referenzliteratur unten und Abschnitt 20.3.2.

Es muss die Genauigkeit der berechneten Kennzahlen für eine Massenbilanz bestimmt werden (siehe Anhänge 24.2 und 24.3). Wenn der Maximalfehler bei irgendeiner Kennzahl keine Auswirkung auf das Ergebnis der Massenbilanz hat, ist nichts weiter zu tun, um die Schätzung genauer zu machen.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren ist in allen Branchen, die Lösemittel verwenden, anwendbar und wird zur Berechnung diffuser Emissionen benutzt. Es wird auch zum Nachweis der Erfüllung der EU-Lösemittelrichtlinie bei Verwenden eines Reduzierungsplanes benutzt.

Lösemittelbilanzen können bei komplexen Vorgängen ungenau sein, mit größeren Abweichungen bei Verwendung von Behandlungsverfahren (siehe Betriebsdaten oben).

Viele Länder und Industrieverbände haben Anleitungen, wie man eine Massenbilanz durchführt und einen Lösemittelmanagementplan aufstellt. Einer enthält ein leeres Datenblatt zur Hilfe bei einer Massenbilanz (in englischer Sprache).

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenminderung bei Optimierung des Lösemittelverbrauchs.

**Gründe für die Einführung:** EU-Lösemittelrichtlinie. Für alle Anlagen ist vorgeschrieben, entweder die Gesamtemissionen oder die diffusen Emissionen separat zu bestimmen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet angewendet.
**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [90, ETBPP, et al., 2004] [113, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2006] [135, ADEME, 2004]..

### 20.3.2 Direkte Messungen von Lösemitteln und Emissionen in die Luft

**Beschreibung:** Abschnitt 20.3.1, oben, sagt, dass einige Inputs/Einsätze (I) und/oder Outputs/Ausstöße (O), wie in Bild 20.1 gezeigt, direkt gemessen werden können. Beispiele dafür führt Anhang 24.2 auf.

Eine direkte Messung kann einfach durch das Messen des Volumens oder des Gewichts der Lösemittel oder des Materials, das Lösemittel enthält, erfolgen. In einigen Fällen, z.B. bei Reinigungsarbeiten, verdampft das gesamte verwendete Lösemittel und geht als diffuse Emissionen verloren. In solchen Fällen ist das gesamte verwendete Volumen oder Gewicht der Betrag, der in die Luft emittiert wird. In anderen Fällen, in denen das Lösemittel im Abfall des Reinigungsmaterials oder Rückständen zurückbleibt, kann das Gewicht des Lösemittels im Rückstand bestimmt und vom verwendeten Lösemittel abgezogen werden.

Direkte Messungen des Abgases von Parametern, wie z.B. TOC, CO, Staub (Partikel), NOx können mit verschiedenen Arten von Nachweisgeräten kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Genauso wichtig ist die Bestimmung von Abgasmenge und Geschwindigkeit und die Kenntnis und Abschätzung der Messunsicherheiten. Weitere Informationen zu diesen Verfahren können im BVT-Merkblatt Zum Monitoring (MON) [113, EIPPCB, 2003] gefunden werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Die EU-Lösemittelrichtlinie fordert, dass in allen Anlagen diffuse Emissionen bestimmt oder die diffusen Emissionen separat bestimmt werden.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** Das BVT-Merkblatt Monitoring [113, EIPPCB, 2003] listet die relevanten CEN-Standards (Europäisches Komitee für Standardisierung), die als die gesichertesten gelten, auf, danach folgend die ISO-Standards (International Standardisation Organisation (ISO) [113, EIPPCB, 2003]. Wenn eine Verbindung nicht durch die oben genannten Standards überwacht werden kann, können andere zertifizierte Methoden, wie die folgenden, verwendet werden:

- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Association Française de Normalisation (AFNOR)
- British Standards Institution (BSI)
- Deutsches Institute für Normung (DIN)
- United States Environmental Protection Agency (US EPA)
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI)
- andere zertifizierte/anerkannte nationale Standards.

Kann die Verbindung nicht unter Verwendung der oben genannten Standards überwacht werden, dann können die folgenden Arbeitsmethoden, unter Berücksichtigung der Anforderungen nach ISO 17025 für die Überwachung von Emissionen an Kaminen angewendet werden:

- Reihe zu „Methoden zur Bestimmung von gefährlichen Verbindungen" (MDHS), veröffentlicht durch Health and Safety Executive (HSE)
- Nationales Institut für Arbeitsmedizin und Gesundheit (NIOSH); und
- Arbeitssicherheit- und Gesundheitsbehörden Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

Es gibt auch nationale Richtlinien zur Überwachung verschiedener Gase und Probenahmeverfahren, z.B. [121, UK DEFRA and notes, 2003] [148, TWG, 2006].

Das Handbuch für das Europäische Schadstoffemissionsregister (E-PRTR, basierend auf der Richtlinie EC 166/2006) listet international anerkannte Messmethoden für Luft- und Wasserschadstoffe auf: http://ec.europa.eu/environment/ippc/eper.

### 20.3.3 Wasser

#### 20.3.3.1 Vermeidung gefährlicher Luftgemische in Kanalisationen

**Beschreibung:** Werden Lösemittel bei Herstellungsprozessen verwendet, können Lösemittel im Abwasser vorhanden sein, entweder aus dem Kontakt mit Wasser oder Dampf in Prozessen oder aufgrund von ungeplanten Verschmutzungen (Leckagen, Verschüttungen usw.). Das Vorhandensein von Lösemitteln in Kanalisationen kann zu Folgendem führen:

- Feuer- und Explosionsgefahren, wenn die untere Explosionsgrenze (UEG) überschritten ist
- Bildung von gefährlichen Dämpfen, wenn Arbeitsschutzgrenzwerte überschritten sind (TLV, OEL oder MAK-Werte)
- Schäden an der Materialstruktur der Kanalisation
- Beeinträchtigung der Abwasserbehandlung.

Man muss beachten, dass die Verbindung nicht flüchtig oder unlöslich sein sollte, da die Temperatur des Abwassers aus der Anlage oder in der öffentlichen Kanalisation erhöht sein kann und die Lösemittel verdunsten können. Einige Verbindungen können in relativ hohen Konzentrationen abgeleitet werden. Diese Methode berücksichtigt aber nicht die Behandelbarkeit in einer Abwasserbehandlungsanlage, weder in einer kommunalen noch in der Anlage selbst, und andere Gründe zur Anwendung anderer Überwachungswerte.

Die Vrminderung von ungeplanten Ableitungen wird in Abschnitt 20.2.1 diskutiert.

Im Falle der genehmigten Ableitung von Lösemitteln ist der erste Schritt, um sicher zu stellen, dass die Atmosphäre in der Kanalisation nicht die oben aufgelisteten Kriterien erreicht, die Schätzung der Lösemittelmenge, die in das Abwasser gelangt, und der zu erwartenden Konzentration; und falls erforderlichdie Bestätigung durch eine Analyse. Wenn die Konzentration ausreichend hoch ist, um weitere Untersuchungen in Betracht zu ziehen, ist das einfachste zu verwendende Kriterium, dass das Abwasser, das die Kanalisation erreicht, keine gefährliche Konzentration einer Verbindung in der Luft verursacht (ausgedrückt als TLV, Schwellenwert). Das wird der niedrigste der Faktoren von der obigen Liste sein und deshalb die Sicherheit der anderen Faktoren sicherstellen. Das kann man wie folgt berechnen:

$$vp = vp0 * \gamma * mf$$

wobei:

| | | |
|---|---|---|
| vp | = der gemessene Dampfdruck | |
| vp0 | = der Dampfdruck der reinen organischen Flüssigkeit | |
| $\gamma$ | = der Aktivitätskoeffizient | |
| mf | = der Molenbruch | ist |

**Erreichte Umwelteffekte:** Sichere Schwellenwerte an Lösemitteln im Abwasserkanal.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Es ist schwierig, einige Daten zu erhalten, wie z.B. zum Dampfdruck im Abwasser.

**Anwendbarkeit:** Die Berechnung der Lösemittelkonzentration in der Kanalisationsatmosphäre wird nicht allgemein angewendet, kann aber berücksichtigt werden, wo man höhere Werte durch abgeleitete Lösemittel hat, insbesondere in Abwasser gelöste Lösemittel.

**Wirtschaftlichkeit:** Kosten, um Daten zu erhalten, falls keine Daten für spezifische Lösemittel vorhanden sind.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz im Betrieb/der Anlage und aufnehmender Abwasserkanalisation.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [92, WRc_plc, 1980] [128, TWG, 2005] [148, TWG, 2006]

#### 20.3.3.2 Überwachung von BSB und CSB und Bioabbaubarkeit

**Beschreibung:** Der Anteil organischer Stoffe im Abwasser kann die Effizienz einer Abwasserbehandlungsanlage auf zwei Wegen beeinflussen (sowohl einer kommunalen als auch einer betrieblichen): Beladung und Bioabbaubarkeit. Die normalerweise gemessenen Parameter sind der BSB (gewöhnlich als $BSB_5$) und der CSB (oder alternative der TOC).

Die Beladung ist das Volumen pro Stunde oder pro Tag, multipliziert mit dem CSB oder BSB. Und die aufnehmende Abwasserbehandlungsanlage sollte zur Aufnahme und Behandlung der Beladung, die aus der Anlage abgeleitet wird, in der Lage sein.

Das Verhältnis von CSB zu BSB gibt auch einen sehr groben Hinweis auf die biologische Behandelbarkeit des Abwassers. Je höher das Verhältnis von CSB zu BSB ist, umso schwieriger ist möglicherweise das Abwasser zu behandeln. Man braucht möglicherweise spezifischere Tests, um das zu bestätigen. Einige Indikatoren für den Vergleich sind:

- Bei Haushaltsabwasserströmen und einigen leicht abbaubaren Verbindungen:
  - $BSB_5$ = 0.68 x CSB (mit einem begründeten Grad an Sicherheit)
- für Verbindungen gibt es eine grobe Schätzung (auch wenn die nicht immer zuverlässig ist):
  - CSB:BSB:>100:1 die Verbindung ist gewöhnlich relativ biologisch nicht-abbaubar
  - CSB:BSB <10:1 die Verbindung ist gewöhnlich relativ abbaubar.

**Erreichte Umwelteffekte:** Das Einhalten von BSB- und CSB-Werten im Abwasser hat minimale Umweltauswirkungen.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Verwenden von wasserbasierten Lacken zur Minderung von Lösemittelemissionen in die Luft kann möglicherweise die abgeleitete organische Fracht in das Abwasser erhöhen. Das kann ein einfach behandelbarer BSB und/oder schwerabbaubarer CSB sein. Das kann zu einer zu hohen Belastung der Abwasserbehandlungseinrichtungen (entweder intern oder außerhalb der Anlage) führen und möglicherweise dazu, dass schwerabbaubarer CSB in Fließgewässer/Oberflächengewässer abgeleitet wird.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Siehe Medienübergreifende Effekte oben.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der rechtlichen Bestimmungen für Abwassereinleitungen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [128, TWG, 2005] [94, EIPPCB, 2006] [153, CEFIC, 1998] http://www.cefic.be/activities/hse/rc/guide/11.htm, [113, EIPPCB, 2003] [148, TWG, 2006]

### 20.3.3.3 Überwachen und Steuern der aquatischen Toxizität

**Beschreibung:** Bei Benutzung von Wasser, entweder zur Reinigung oder als Prozessmedium (wie z.B. bei der Elektrolackierung oder wasserbasierten Druckfarben), kann das Wasser suspendierte oder gelöste Materialien enthalten, die für Wasserpfade toxisch sind (einschließlich für den Klärschlamm). Einige wasserbasierte Prozesse können den Zusatz von Bioziden zur Verhinderung des biologischen Abbaus während Lagerung und Gebrauch erforderlich machen. Lösungen, wie z.B. für E-Lacke enthalten auch Katalysatoren wie Organozinnverbindungen.
Daten zur Toxizität dieser Rohstoffe für diese ableitungen kann man in Informationen der Lieferanten finden (wie z.B. R-Sätze mit Umweltbezug, insbesondere R50 und R53, als auch R51 und R52 Abschnitt 20.10) oder direkt vom Zulieferer erhalten. Andere R-Sätze können zur Anwendung kommen in Abhängigkeit vom Freisetzungspunkt und der stromabwärts liegenden Nutzung des Wassers (wie Fischerei, Trinkwassergewinnung usw.).

Ein Schlüsselfaktor ist die Menge der abgeleiteten Stoffe, das kann aus Betriebsinformationen berechnet oder durch Analyse bestimmt werden. Wenn notwendig, können geeignete Toxizitätstests erforderlich sein.

Die Möglichkeiten zur Steuerung der abgeleiteten Stoffe sind.

- in Betracht ziehen des Ersatzes durch weniger gefährliche Stoffe (siehe Abschnitt 20.10)
- Minimieren der Verwendung bei der Produktion, wie z.B. durch automatische Dosierung
- Minimieren der Verluste aus Produktionsbehältern, wie z.B. durch Mehrfach- (oder Kaskaden-) Spülung und Membranfiltration, siehe Abschnitte 20.7.5.1 and 20.7.5.3) mit Rezirkulation des Konzentrats
- Behandeln des Abwassers zur Entfernung der Problemstoffe.

Weitere Informationen zu diesen Verfahren enthalten die BVT-Merkblätter STM und CWW.

Werden Stoffe mit bekannter aquatischer Toxizität in Mengen abgeleitet, die eine Umwelt-auswirkung haben können, dann sollte diese Ableitung entsprechend der Art des Stoffes und der Häufigkeit, die eine notwendige Begrenzung der Ableitung ermöglicht, überwacht werden (siehe BVT-Merkblatt Monitoring).

**Erreichte Umwelteffekte**: Sicherheit der aquatischen und der Klärschlammpfade.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet angewendet. Die Menge, bis zu welcher Verbindungen mit einer aquatischen Toxizität abgeleitet werden können, kann davon abhängen, ob in Oberflächen-wasser oder in kommunale Abwasserbehandlungsanlagen eingeleitet wird. Das wird auch abhängen von:

- der Bioabbaubarkeit und der Abbaurate
- dem Verbleib der Stoffe in der Behandlung (d.h. in der Wassersäule zurück gehalten oder mit dem Schlamm abgeschieden)
- der Art und dem Verbleib des Schlammes (z.B., ob der Schlamm verbrannt wird oder aus der Abwasserbehandlungsanlage auf Boden ausgebracht wird).

**Wirtschaftlichkeit:** Das Testen der aquatischen Toxizität kann teuer sein.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllen der rechtlichen Bestimmungen für Abwassereinleitungen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet in der EU angewendet.

**Referenzliteratur:** [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002, 113, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2005] [67, EIPPCB, 2003, 97, EIPPCB, 2005, 113, EIPPCB, 2003][59, EIPPCB, 2005][148, TWG, 2006]

## 20.4 Wassermanagement

Wo der größte Teil der Oberflächenbehandlung lösemittelbasiert erfolgt, ist der Wasserverbrauch gering, aber dieser steigt mit einer Reinigung auf Wasserbasis und wasserbasierten Druckfarben und Lacken an. Das kann auch das Risiko der Wasserverschmutzung erhöhen (z.B. durch Harzrückstände, Pigmente und/oder Biozide im Schmutzwasserkanal).

Mehr Informationen zu Verfahrensbeschreibungen für das Wassermanagement können im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen (STM) gefunden werden [59, EIPPCB, 2005].

### 20.4.1 Wiederverwendung/Recycling von Spülwasser

#### 20.4.1.1 Regeneration durch Ionenaustausch

Benutztes Spülwasser kann regeneriert werden. Das kann zu Einsparungen im Wasserverbrauch führen und mindert die zu behandelnde Abwassermenge, die Abwasserbehandlungskosten einschließlich der Investitionskosten, Energieverbrauch und Chemikalien. Das muss aber gegen Kosten für Regenerationsanlagen und Energie und Chemikalien, die diese benötigen, aufgerechnet werden. Wo Frischwasser behandelt wird, ist es oftmals einfacher und billiger (in Bezug auf eingesetztes Kapital, Chemikalien und Energie), das Spülwasser zurückzugewinnen als das ankommende Frischwasser zu behandeln, da die Ionenkonzentration oder die gelösten Feststoffe (TDS) im Frischwasser höher sein können als im Spülwasser [59, EIPPCB, 2005].

#### 20.4.1.2 Wiederverwenden von Wasser innerhalb der Anlage

**Beschreibung:** Recycling von Wasser durch Verwenden eines geschlossenen Kreislaufsystems, wie z.B. in Kühltürmen (offene und geschlossene Systeme) oder Wärmetauschern, verringert die in der Anlage/Produktionslinie verwendete Wassermenge.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verringerter Wasserverbrauch und Abwasseranfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Qualität des Wassers kann entscheidende Auswirkungen auf die Endproduktqualität haben. In solchen Fällen muss die Qualität des Wassers sehr gut überwacht werden, und das kann das Recycling von Wasser innerhalb des Prozesses einschränken. Das Verwenden von Behandlungschemikalien für Wasser kann Auswirkungen auf die Produktqualität haben und ein Wasserrecycling einschränken.

**Anwendbarkeit:** Spülwassersysteme mit geschlossenen Kreisläufen sind weitverbreitet bei Wärmetauschern und Kühlprozessen beim Beschichten mit organischen Stoffen.

Die Technik ist weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Es gibt Einsparungen wegen des verringerten Wasserverbrauchs.

**Gründe für die Einführung:** Wirtschaftliche Gründe.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

#### 20.4.1.3 Kaskadenspülung

**Beschreibung:** Das Gegenstrom(Kaskaden)Spülen (eine Mehrfachspültechnik) in Kombination mit Leitfähigkeitsmessungen und zugehöriger Durchflussmessung im letzten Spülschritt stellt einen minimalen Wasserverbrauch und das geringste Aufkommen an Abfall sicher.

Normalerweise besteht eine Kaskade aus drei Spülschritten. Je mehr Schritte man verwendet, umso weniger Frischwasser muss man beim letzten Spülschritt hinzufügen, um die Leitfähigkeitsgrenzen einzuhalten. Der Überlauf des ersten Spülschritts fließt normalerweise zur Abwasserbehandlung.

Mehrstufiges Spülen ist insbesondere geeignet bei hoher Spülrate mit einer kleinen Menge an Spülwasser. Beim Kaskadenspülen z.B. fließt das Wasser in umgekehrter Richtung zu den Werkstücken. Das führt zu der Anforderung an eine stets gleichbleibende Spülwasserqualität (das Spülkriterium), das kann mathematisch mit folgendem Term dargestellt werden:

$$Q/t = \{Sk\,(V/t)\}^{(1/n)}$$

Wobei:

Q/t = notwendiger Spülwasserbetrag (l/h) , um das Spülkriterium zu erreichen
Sk = Spülkriterium
n = Anzahl der Spülschritte
V/t = Austrag (l/h)
l = Liter
h = Stunden

Der Haupteinspareffekt bei der Überleitung vom ersten zum zweiten Spülschritt wird erreicht. Wie Tabelle 20.4 zeigt, kann eine geringere Spülwassermenge durch Wahl des korrekten Spülsystems erreicht werden. Mit zunehmender Anzahl der Spülschritte wird das verwendete Wasservolumen verringert und steigt die Wassereinsparung. Die erzielbare Rückgewinnungsrate bei einem gewissen Verdampfungsvolumen steht in direktem Verhältnis zur Konzentration der Prozesschemikalien im ersten Spülschritt.

| **Spülkriterium** | **10000** | **5000** | **1000** | **200** |
|---|---|---|---|---|
| **Anazahl der Schritte** | **Menge notwendigen Spülwassers in l/h** | | | |
| **einstufig** | 10000 | 5000 | 1000 | 200 |
| **zweistufig** | 100 | 71 | 32 | 14 |
| **dreistufig** | 22 | 17 | 10 | 6 |

**Tabelle 20.4: Spezifische Menge an Spülwasser (Liter an Spülwasser pro Liter Austrag) als Funktion des gegebenen Spülkriteriums und der Anzahl der Schritte beim Gegenstromkaskadenspülen**

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung des Wasserverbrauchs und des Anfalls an Abfall. Bei Einführung eines mehrstufigen Spülsystems, teilweise verbunden mit einem Spülwasserrecyclingsystem, kann eine Verringerung des Abwassers von bis zu 90 % erreicht werden. Je näher man an einen ‚Null'-Abfluss kommt, umso vollständiger ist die Rückgewinnung von Prozesschemikalien und umso geringer werden die Anforderungen an die Abwasserbehandlung sein.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Leitfähigkeit im letzten Spülwasserschritt steht im Verhältnis zur maximal erlaubten Beladung mit Schadstoffen, die den Oberflächenbehandlungsprozess beeinflussen können. Die Standzeit weiterer chemischer Behandlungsbäder kann durch Überwachung der Spülwasserverschmutzung durch Leitfähigkeitsmessungen verbessert werden.

Eine Anreicherung von ausgefällten Stoffen, die die Prozessqualität beeinflussen können, ist wahrscheinlich, sofern nicht andere Badpflegemaßnahmen ergriffen werden. Die Anreicherung von Ausfällungen kann mit Leitfähigkeitsmessungen überwacht werden.

**Anwendbarkeit:** Es gibt geeignete Möglichkeiten und Kombinationen für alle Anlagen, in denen chemische Behandlungsbäder verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Allgemein ist die Installation von Mehrfachspültechniken verbunden mit größerem Platzbedarf und höheren Investitionskosten (Kosten für zusätzliche Tanks/Behälter, Gestelle zum Transport der Werkstücke und Überwachung). Die Gesamtkosten werden gemindert durch abnehmenden Wasserverbrauch, Rückgewinnung von Prozesschemikalien und geringeren Abwasseranfall, der kleinere Abwasserbehandlungsanlagen benötigt und weniger Behandlungschemikalien.

**Gründe für die Einführung:** Siehe Betriebsdaten, oben.

**Beispielbetriebe:** Diese Technik wird weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie verwendet.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004, 59, EIPPCB, 2006].

#### 20.4.1.4 Steuerung der Wasserverwendung

**Beschreibung:** Die Wasserverwendung kann optimiert werden, um die Qualitätsanforderungen z.B. aus einem Benchmarking, Berechnungen, chemischen oder physikalisch-chemischen Auswertungen, die online oder manuell vorgenommen werden können, zu erreichen. Der Wasserfluss wird dazu von einer befugten Person mittels verschiedener Techniken, z. B. unter Verwendung von verriegelbaren Durchflussventilen oder durch die Kontrolle von Schlüsselparametern, überwacht. Beim Spülen zum Beispiel steht die Leitfähigkeit im letzten Spülwasserschritt im Verhältnis zur maximal erlaubten Beladung mit Schadstoffen, die die nachfolgenden Oberflächenbehandlungsprozesse beeinflussen können. Die Überwachung der Abflüsse aus dem Spülen mittels Leitfähigkeitsmessungen kann die nötige Wassermenge verringern, da sie hilfreich ist bei der Feststellung der notwendigen Wasserauffüllmenge.

**Erreichte Umwelteffekte:** Wasserverbrauch und Abfälle, die aufgrund der Spülwasserverwendung entstehen, werden vermindert und die Standzeit der nachfolgenden Behandlungsbäder kann verbessert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Verminderung des Wasserverbrauchs kann zu höheren Emissionswerten, wie z.B. BSB- und CSB-Werte führen und zu möglichen Belastungen der Abwasserbehandlungsanlage.

**Betriebsdaten:** Die Anlage zur Leitfähigkeitsmessung sollte robust in der Handhabung und Wartung sein.

Bei der Bandblechbeschichtung hängt die zulässige Leitfähigkeit im letzten Spülschritt vom nächsten Behandlungsschritt ab, sie liegt allgemein zwischen 10 und 100 µS/cm (20 ºC). Die Messungen müssen Temperatur-normiert werden.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar wenn wässrige chemische Behandlungsbäder verwendet werden. Diese Technik wird weitverbreitet in der Bandblechbeschichtungsindustrie verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Anlagen zur Leitfähigkeitsmessung benötigen nur geringe Investitionskosten. Einsparungen werden durch geringeren Wasserverbrauch und weniger Abfall erzielt.

**Gründe für die Einführung:** Betriebsdaten und allgemeine Prozessstabilität.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004]

## 20.5 Energiemanagement

Energiemanagement bedeutet eine ständige Verbesserung der Energieeffizienz. Das umfasst technische und organisatorische Maßnahmen. Ziele sind die Minimierung des Energieverbrauchs und der Energiekosten. Folgende Elemente müssen dabei berücksichtigt werden:

- Energiespezifische Daten müssen bekannt sein
- Effizientes Energiemanagement (effiziente Energienutzung und Kosteneinsparungen)
- Identifizieren von Möglichkeiten der Energieeinsparung
- Beeinflussen des Verhaltens im Unternehmen (die Unternehmenskultur) und der Beschäftigen zur Einsparung von Energie.

Alle tatsächlichen Energieeinsätze werden aufgezeichnet, dann nach Art und hauptsächlichen Endverbrauchern aufgeschlüsselt, z.B. monatlich, täglich, stündlich usw. Energieeinsätze können auch mit Benchmarks verglichen werden oder mit anderen Produktionsmaßnahmen (siehe Abschnitt 20.1.3).

Energieeinsparmaßnahmen und –techniken zeigt Tabelle 20.5 unten.

| | | **Referenzen** |
|---|---|---|
| **Allgemeine Techniken** | | |
| Energiemanagement und Wartung | Anlagenplanung zur Minimierung des Energieverbrauchs | Energieeffizienz-Merkblatt (ENE) |
| | Energiemanagementsysteme, einschließlich der Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen | ENE REF, Abschnitte 20.1.1, 20.1.2, |
| | Sammeln und Benutzen von energiespezifischen Daten (Benchmarking) | Abschnitt 20.1.3 |
| | Installieren von energieeffizienten Anlagen/Ausrüstungen (siehe spezifische Referenzen unten) | Abschnitt 20.5.3 ENE REF |
| | Wartung | Abschnitt 20.2.6 |
| **Techniken für das Energiemanagement** | | |
| Anpassen von Produktion und Anlagen mit Prozessen und Anlagen in verbundenen Prozessen | Beispiele:<br>• Regelbare Trockner und Optimierung (z.B. bei Druckpressen)<br>• Optimierung des Energieverbrauchs bei Raumheizung/-kühlung<br>• Optimierung des Energieverbrauchs bei der Beleuchtung<br>• Verwenden von energiesparenden Anlagen<br>• Rechtzeitiger Ersatz von abgenutzten Lagern | Siehe Abschnitte 20.2.5, 20.2.6 |
| Motoren | Hochleistungsmotoren | Abschnitt 20.5.3 |
| | Regelbare Geschwindigkeit | |
| | Mindern des Energiebedarfs beim Starten, z.B. durch:<br>• Delta-Sternumformung des Motors (bei weniger als 50 % Last)<br>• Automatische Delta-Stern Kontrolle<br>• Motorische Energieeinsparungen<br>• Einrichtungen zum langsamen Hochfahren | Abschnitt 20.5.2 |
| | Ersatz von Keilriemen durch energiesparende Flachriemen | |
| | Abschalten wenn nicht benötigt. | |
| | Ersatz zu großer Motoren durch Motoren passender Größe | |

| | | |
|---|---|---|
| | Verbesserte Wartungspraxis, beginnend bei Verwendung von hochwertigen Schmierstoffen bis zum langsamen Herunterfahren auf solche Art (z.B. Rückspulen), dass keine Energieverluste auftreten | |
| Trocknen | | Abschnitt 20.8 |
| Druckluft (Blas- oder Vakuumsysteme) | Leckageüberwachung | |
| | Druckluftventile an jeder Maschine | |
| | Zentralanlage/Kompressor mit Kaskadenschaltung | |
| | Reduzieren des Arbeitsdruckes | |
| | Effiziente Kompressoren | |
| | Ansaugen von kalter Außenluft | |
| Kühlen | Verdampfungskühlen im Turm (Kühlturm) | CV BREF |
| | Elektronische Steuerung der Kühlung | |
| | Energieeffiziente Kühlsysteme | |
| **Techniken für das Management von eingesetzten Gasen** | | |
| Trocknen | | Abschnitt 20.8 |
| Restwärme | Nutzen der Restwärme bei gekoppelten Prozessen | |
| Dampfkessel- und -systeme | Vorwärmer | |
| | Rauchgaskühler | |

| | | **Referenzen** |
|---|---|---|
| **Techniken für das Energiemanagement von Abgasen** | | |
| Bauartoptimierung und Management der Absaug- und Behandlungssysteme | | Abschnitt 20.11.1 CWW BREF |
| Auswahl der Bauart des Systems und Optimierung | Wahl der Behandlung<br>Energieeffizienz unterhalb autothermer Bedingungen<br>Kosten-Nutzen von Energieverbrauch im Vergleich zu VOC-Emissionsminderung | Abschnitt 20.11.1.1 |
| Wartung | Geplante Wartungen<br>Überwachung der Anlagen wegen der Abnutzung (z.B. Lager, etc.) und um passgenaue Einstellungen zu erhalten | Abschnitt 20.11.1.2 |
| Optimieren der Beladung zur Abgasbehandlung | Umfahren von Spitzenlasten | Abschnitt 20.11.3 |
| | Ausnutzen der Überkapazität von Abgasbehandlungsanlagen | Abschnitt 20.11.1.4 |
| | Aufrechthalten der Lösemittelkonzentration während der Behandlung durch variable Frequenzantriebe | Abschnitt 20.11.1.5 |
| Techniken mit Energierückgewinnung | Recuperativ thermisch, Regenerativ thermisch<br>2-, 3- und Mehrfachbett katalytisch | Abschnitt 20.11.4.3 to 20.11.4.6 |

**Tabelle 20.5: Energieeinsparungsmaßnahmen und -techniken**

Mehr Informationen zum Energiemanagement bei der wässrigen Oberflächenbehandlung, z.B. Minimierung des Energie-(Strom-) verbrauchs in elektrochemischen Prozessen wie Elektrophoretische Beschichtung, die Anwendung oder der Gebrauch von Strom, Heizung und Kühlung kann im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen (STM BREF) nachgelesen werden. [59, EIPPCB, 2005], [161, EIPPCB, 2006], [4, Intergraf and EGF, 1999] http://members.rediff.com/seetech/Motors.htm. [128, TWG, 2005]

### 20.5.1 Optimieren der elektrischen Stromversorgung

**Beschreibung:** Minimieren des Verlustes von Blindenergie - jegliche Wechselstromanlagen, wie Transformatoren, Motoren usw. nehmen eine Gesamtenergie auf (apparent energy). Die setzt sich zusammen aus der Arbeitsenergie (in Form von Arbeit oder Wärme) und der nicht nutzbaren Blindenergie. Die Blindenergie steigt an, wenn der Strom phasenverschoben zur elektrischen Spannung ist, es besteht eine Differenz zwischen der Spannung und dem Stromscheitel. Der Phasenwinkel eines elektrischen Gerätes (cos φ) ist das Verhältnis von elektrischer Leistung P zur Gesamtleistung S (kVA). Das ist der Kosinus des Winkels zwischen den Scheitelpunkten der Sinuskurven von Spannung und Strom. Je kleiner cos φ an der Überlagerung der Kurven liegt (1), umso effizienter ist die Leistung/der Motor. Je kleiner der Wert von cos φ ist, umso weniger effizient wird die Energie genutzt. Wenn cos φ auf Dauer größer als 0,95 ist, sind die Blindenergieverluste bei 15 kV- und 150 kV-Niveau gering.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minimieren des Energieverlustes.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten**: Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Für alle Anlagen mit 3-Phasen-Strom. Stromkorrekturen, Verringerung der Blindenergie und Verringerung der momentanen Last erfordern eine fachmännische Bewertung der Energielast und –veränderungen. Alle Anlagen, die 3-Phasen-Strom in großem Umfang verwenden, können zur Verringerung von Widerstandsverlusten in der Stromversorgung beitragen.

**Wirtschaftlichkeit:** Energieverluste als ungewollte Wärmeentwicklung, Blindenergie usw. erhöhen den Stromverbrauch und verursachen höhere Kosten.

**Gründe für die Einführung:** Kosteneinsparungen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2006, 111, Eurofer, 2003] [148, TWG, 2006, 191, Senior, 2006]

### 20.5.2 Optimieren des Energiebedarfs

**Beschreibung:** Hohe plötzlich auftretende Stromlasten können zu Energieverlusten durch Phasenverschiebung der gleichförmigen Struktur der Wechselstromzyklen führen und dadurch nutzbare Energie verlieren. Das kann in Anfahrsituationen verhindert oder gesteuert werden durch Dreieck-Stern-Umformung bei geringer Last, Verwenden automatischer Dreieck-Stern-Konverter, Benutzen von Langsam-Startern usw.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minimieren von Energieverlusten.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten**: Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Alle Anlagen, die 3-Phasen-Motoren benutzen.

**Wirtschaftlichkeit:** Unnötiger Stromverbrauch und verursacht höhere Kosten.

**Gründe für die Einführung:** Kosteneinsparungen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [111, Eurofer, 2003, 191, Senior, 2006]
http://members.rediff/seetech/Motors.htm

### 20.5.3 Energieeffiziente Anlagen

**Beschreibung:** Es ist gute Praxis, energieeffiziente Anlagen zu installieren, wie z.B. energieeffiziente Motoren. Managementtechniken, wie gute vorsorgende Wartung der Ausrüstung/ Anlagen mit hohem Energiebedarf, können ebenso den Energieverbrauch minimieren.

Referenzen auf andere energieeffiziente Anlagen zeigt Tabelle 20.5 oben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Stromeinsparung. Die vorsorgende Wartung von Ventilatoren und Motoren kann Lärmemissionen minimieren.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten**: Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Abhängig von der Größe der Anlage und ihrem Energieverbrauch, ist es bei Großanwendungen gute Praxis, energieeffiziente Motoren zu verwenden. Sie können für Neuanlagen spezifiziert werden, defekte Motoren ersetzen oder aus Kostengründen eingesetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Minimale Extrakosten beim Ersatz oder bei Neuausrüstung.

**Gründe für die Einführung:** Kosteneinsparungen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet.

**Referenzliteratur:** [111, Eurofer, 2003]

## 20.6 Rohstoffmanagement

### 20.6.1 Just-in-time-Management

**Beschreibung:** Das Anwenden eines Just-inTime-Managements stellt sicher, dass bestellte Mengen an Material, wie z.B. Lacke oder Druckfarben, die für spezifische Arbeiten verwendet werden, der Menge entsprechen, die benötigt wird. Z.B. muss die bestellte Menge an Druckfarbe einer bestimmten Farbe in der Menge vorhanden sein, die für ein bestimmtes zu beschichtendes Bandblech erforderlich ist. Das betrifft externe Zulieferer, betrifft aber nicht die betriebsinterne Vorbereitung von Chargen an Druckfarben, Lacken usw.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es fällt weniger Abfallmaterial an und es werden weniger Rohstoffe verwendet.

**Medienübergreifende Effekte:** Diese Art vom Managementsystem verschiebt die Umweltbelastungen auf den Zulieferer. Es beinhaltet die Herstellung von kleineren Chargengrößen und erhöht den Transportaufwand.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Managementsysteme für Druckfarben werden allgemein in der Bandblechbeschichtung, bei der Fahrzeugbeschichtung und bei der Holzbeschichtung eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenminderung durch optimierte Logistik.

**Gründe für die Einführung:** Kostenminderung.

**Beispielbetriebe:** Alle Automobilherstellungsbetriebe.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.6.2 Qualitätssicherung bei Lacken und Lösemitteln

**Beschreibung:** Lacke und Lösemittel werden normalerweise durch zuständige Experten (im Hause oder externe) freigegeben, bevor sie in der Lackiererei engesetzt werden. Dieser Freigabevorgang besteht aus einer sorgfältigen Qualitätskontrolle und beinhaltet den Nachweis, dass kein Materialsubstitut mit höheren toxischen oder Umweltauswirkungen verwendet wird. Die Qualitätskontrolle und dieser Nachweisvorgang sind so zu gestalten, dass insbesondere Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsrisiken des Produktes berücksichtigt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine systematische Bewertung und Minderung von nachteiligen Umweltauswirkungen in Luft und Wasser.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** In großen Firmen, bei denen der Lackauftrag eine besondere Qualitätsfrage ist.

**Wirtschaftlichkeit:** Betriebsinterne Materialkontrolle und Freigabe sind sehr teuer, sie werden nur zur Erreichung von hohen Lackqualitäten durchgeführt.

**Gründe für die Einführung:** Qualitätsanforderungen.

**Beispielbetriebe:** Alle Automobilhersteller von Originalteilen.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.6.3 Minimieren des Rohstoffverbrauchs

Siehe auch Abschnitt 20.13 zur Abfallminimierung und -behandlung.

#### 20.6.3.1 Fortschrittliche Mischsysteme

**Beschreibung:** Bei Verwendung automatischer Mischsysteme ist es nicht unbedingt notwendig, Standardfarben zum Mischen der erforderlichen Farbe zu verwenden. Spezielle Farben können aus nicht-standardisierten Farben in computergesteuerten Anlagen gemischt werden. Das erfordert aber eine sehr anspruchsvolle Software und genaue Kenntnis der nichtstandardisierten Farben, die zum Mischen verwendet werden. Aus diesem Grunde müssen nichtstandardisierte Farben mit einem Fotospektrometer analysiert und das Ergebnis in den Farbcomputer eingegeben werden.

Bei einem Onlinemischsystem für 2-Komponenten-Produkte, zum Beispiel für Lacke oder Klebstoffe, muss die exakte Menge dosiert und unmittelbar vor dem Verwenden gemischt werden. Diese Mischeinheit ist nicht Bestandteil der Farbauftrags- oder Klebstoffauftragsanlage. Sie ist eine selbständige Einheit.

Es ist möglich den proportional gleichen Nutzen durch programmierbare Waagen oder eine computergesteuerte Pantone-Farbmischanlage zu erreichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von Abfall und Einsparung von Ressourcen. Beim Mischen von Hand können Verluste von 1 oder 2 % der Lösemittel auftreten. Diese können bis zu 15 % der gesamten VOC-Emissionen ausmachen. Das automatische Mischen in geschlossenen Einrichtungen vermindert die meisten dieser Emissionen. Es wird auch weniger Reinigungsmittel benötigt.

Beim Drucken kann die Menge an Abfalldruckfarbe um 75 % reduziert werden in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Mischens der Farben und der Menge. Das automatische Verfahren erlaubt eine perfekte Dosierung, so dass keine Farbkorrektur notwendig ist, und damit nur die genaue Menge an Druckfarbe zubereitet werden muss. Bei einem Online-Mischsystem für 2-Komponenten-Produkte kann eine Abfallminderung von 10 bis 30 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Automatisieren benötigt Energie.

**Betriebsdaten:** Diese Arbeitsmethode macht es möglich, zurückgeführte Lacke und Druckfarben als Bestandteil neuer Lacke und Druckfarben zu verwenden (siehe Abschnitt 20.6.3.2). Die zurückgeführten Lacke und Druckfarben werden bis zur ungefähren Farbe gemischt, z.B. hellgrün, dunkelgrün, hellrot und dunkelrot. Wenn eine bestimmte Menge erreicht ist, wird die erhaltene Farbe vermessen und dem Computer mitgeteilt diese Farbe, wenn immer möglich, zu verwenden.

**Anwendbarkeit:** Allgemein im Flexo und Verpackungstiefdruck mit lösemittelbasierten Farben verwendet, wenn mehr als 200 Tonnen druckfertige Farbe pro Jahr gemischt werden.

In der Bandblechbeschichtungsindustrie wird das automatische Farbmischen routinemäßig in den Farbherstellungsanlagen durchgeführt, die Anwendung wird den Bandblechbeschichtungslinien angeboten, ist aber nicht immer geeignet. Das hängt von der Farbe und der Produktmischung ab. Es gibt Beispiele bei Bandbeschichtungslinien, die hauseigene computergesteuerte Farbmischprogramme verwenden.

Online-Mischsysteme für 2-Komponenten-Produkte sind anwendbar, wenn in Anlagen mit Einzelprodukt-Linie produziert wird. Es gibt keine Einschränkungen für nachfolgende Auftragsverfahren. In den Niederlanden wird Firmen empfohlen, dieses Verfahren anzuwenden, wenn mehr als 2000 Liter eines 2-Komponenten-Lacks gemischt werden müssen. Bei Klebstoffen werden relativ kleine Mengen gemischt. Das Verfahren wird allgemein bei der Holz- und Möbellackierung verwendet. Es ist auch für das Lackieren von Zügen verwendbar, z.B. zum Auftrag von Grundierung und Primer/Füller.

**Wirtschaftlichkeit:** Beim Drucken hängen die Investitionskosten von der Größe und den genauen Anforderungen ab und beginnen bei etwa 50.000 €. Es fallen aber Einsparungen bei dem Verfahren an, da weniger Druckfarbe verwendet und weniger Abfälle entsorgt werden müssen. Abhängig vom Umfang der Arbeiten können die Einsparungen zu günstigen Amortisationszeiten der Investitionen führen.

Bei Online-Mischsystemen für 2-Komponenten-Produkte betragen die Investitionskosten für eine mechanisch gesteuerte Anlage zum Mischen des Basislacks 9.000 bis 18.000 €. Eine elektronische gesteuerte Anlage kostet 27.000 bis 37.000 €. Die Amortisationszeit beträgt normalerweise mehrere Jahre bei Firmen mit Kleinserien. Das hängt aber auch von der vermiedenen Abfallmenge, den Kosten für gemischtes Material und den Beseitigunskosten ab.

**Gründe für die Einführung:** Gründe für die Einführung sind eher das automatische Mischen als die Vermeidung von Abfall. Bei der Klebstoffanwendung ist die Automatisierung der Hauptgrund.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [63, Vito, 2003] [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

### 20.6.3.2 Wiederverwenden von zurück geführten Lacken und Druckfarben

**Beschreibung:** Lösemittelbasierte oder wasserbasierte zurückgeführte Lacke oder Druckfarben können wiederverwendet werden, wenn sie nicht zu sehr verdünnt wurden und durch Reinigungsmittel verunreinigt wurden, wenn diese sich vom Lösemittel im verwendeten Verdünner unterscheiden. Wasserbasierte Lacke oder Farben können nicht wiederverwendet werden, wenn sie mit Reinigungsmittel verunreinigt wurden. Um eine Verunreinigung von Lack- oder Farbresten zu verhindern, müssen die Farben-führenden Anlagenteile so weit wie möglich vor der Reinigung geleert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringerer Verbrauch von frischem Lack oder von frischer Druckfarbe und weniger zu entsorgender Abfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Im Allgemeinen können weniger wasserbasierte als lösemittelbasierte Lacke und Druckfarben wiederverwendet werden. Bei lösemittelbasierten Tiefdruckverfahren kann die zu entsorgende Menge an Abfall der Druckfarbe um 30 bis 50 % gemindert werden, und es wird weniger frische Druckfarbe benötigt.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren wird bei der Verwendung von standardisierten Farben verwendet. Werden nichtstandardisierte Farben verwendet, muss man das computergesteuerte Farbmischen (Farbanalyse) verwenden, um die Mischung als Ausgangsstoff für eine neue Farbmischung zu verwenden.

Anwendbar beim Heatset-Offset- und beim Illustrationstiefdruck bei Verwendung von nur 4 Standardfarben. Bei diesen Verfahren wird dieselbe Druckfarbe für den nächsten Durchlauf verwendet und verbleibt in der Presse. Rückläufe aus der Presse sind nur in den Fällen ein Problem, wenn spezielle Farben für einen speziellen Auftrag gemischt werden, wie das beim Flexoverpackungsdruck passiert.

Bei der Bandblechbeschichtung ist es normale Praxis, den Lack, der aus dem Beschichtungskopf zurückkommt, wieder zu verwenden. Der Farbbehälter wird für eine spätere Wiederverwendung, bis das gleiche Produkt/die gleiche Farbe angefordert wird, verschlossen. Der einzige Materialverlust bei der Bandblechbeschichtung ist der auf der Walze und den Zuleitungen verbleibende Film, der vor einem Produkt- oder Farbwechsel von Hand von der Oberfläche abgewischt werden muss.

Beim Lackieren von Holz und Möbeln, wo viele verschiedene Arten von Farben verwendet werden, ist das Wiederverwenden von Lacken sehr schwierig. Es ist nur anwendbar, wenn große Volumina der gleichen Farbe verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparungen durch geringeren Verbrauch an frischer Farbe oder Lack, und es muss weniger Abfall entsorgt werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

### 20.6.3.3 Wiederverwenden von zurückgewonnenen Lacken oder Druckfarben

**Beschreibung:** Wo wasserbasierte Beschichtungen, Lacke und Farben verwendet werden, ist es möglich, den Lack- oder Farbschlamm wiederzuverwenden, z.B. durch Anwendung der Ultrafiltration (siehe Abschnitt 20.12.6). Wo Mischabwasser aufgefangen wird, kann der zurückgewonnene Lack oder die Druckfarbe als Additiv für schwarzen Lack oder Farbe wiederverwendet werden. Wird das Abwasser getrennt an jeder Einheit aufgefangen, können die unterschiedlichen Farben jeweils in der gleichen Farbe wiederverwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird weniger Abfall erzeugt und weniger frisches Material verbraucht.

**Medienübergreifende Effekte:** Filtration benötigt Energie.

**Betriebsdaten:** Bei Elektrotauchverfahren (siehe elektrophoretische Beschichtung, Abschnitt 20.7.3.4), ist das Recycling von Lack und des vollständig demineralisierten Wassers durch einen geschlossenen Kreislauf möglich. In dieser Situation wird oft die Ultrafiltration angewendet.

**Anwendbarkeit:** Nur anwendbar bei wasserbasierten 1-Komponenten-Druckfarben und bei wasser- oder lösemittelbasierten 1K-Lacken und Pulverbeschichtungen. Die Einschränkungen bei der Anwendbarkeit können durch folgendes erklärt werden:

- schwarze Druckfarbe wird in kleinen Mengen verwendet
- jede Druckfarbe ist eine hochwertige Zubereitung
- der Schlamm kann Reinigungsmittel enthalten.

In der Automobilindustrie wird das Verfahren durch eine Firma beim Primerauftrag verwendet.

In der Druckindustrie wird es beim flexiblen Verpackungsdruck angewendet. Es ist nicht für Lebensmittelverpackungen anwendbar, da unkontrollierte Zusätze in der Druckfarbe sein können.

**Wirtschaftlichkeit:** Der hohe Energieverbrauch macht dieses Verfahrens kostengünstiger bei (eigenen) zugehörigen Abwasserbehandlungsanlagen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Österreich, 2003]

#### 20.6.3.4 Direkte Zuleitung des Lacks oder der Druckfarbe aus dem Vorratstank

**Beschreibung:** Lack oder Farbe wird aus dem Vorratstank direkt zu den Lackier- oder Druckeinheiten durch ein Leitungssystem transportiert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Leitungssysteme haben einige Vorteile, das sind:

- Mindern des Verschüttungsrisikos beim Transport und Umfüllen
- Wegfall des Öffnens von Tanks und Vorratsbehältern, erlaubt eine bessere Abdichtung und vermindert das Risiko von Verunreinigungen
- Der Anschluss von Durchflussmessern erlaubt eine genaue Überprüfung.

Weniger Abfalllacke oder –farben, weniger Behälter und weniger Material zu reinigen. Z.B. beträgt der erreichbare Wert für Rückstände einer Heatset-Anlage weniger als 1 % der eingekauften Druckfarbe.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Die Direktzufuhr wird in großen Anlagen, die wiederverwendbare Lack- oder Druckfarbcontainer benutzen, angewendet

Im Bereich Drucken wird es allgemein beim Heatsetverfahren in Anlagen mit ausreichend großem Druckfarbenverbrauch verwendet. Im Illustrationstiefdruck ist es eine Standardtechnik. Beim Flexo- und Verpackungstiefdruck wird diese Technik nicht angewendet, da viele hundert verschiedene Farben verwendet werden.

Weitverbreitet in der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionen in Verrohrungen und Pumpen sind erheblich. In der Druckindustrie betragen die minimalen Investitionskosten z.B. 5.000 bis 24.000 €. Geringfügige Einsparungen fallen durch etwas preiswertere Druckfarben und geringere Abfallkosten an

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [76, TWG, 2004] [89, UK and Programme, 1996]

### 20.6.3.5 Direkte Zuleitung der Lösemittel aus dem Vorratstank

**Beschreibung:** Lösemittel werden zur Viskositätseinstellung direkt aus dem Vorratslager in die Lackier- oder Druckeinheit gepumpt. Zur besseren Überwachung sollten die Leitungen oberirdisch statt unterirdisch verlegt werden, da Lösemittel als ernsthafte Quelle von Boden- oder Grundwasserverschmutzung bekannt sind.

Die Maßnahme ist wirksam, wenn sie gleichzeitig mit regulären Inspektionen und Wartungen verbunden wird. Andernfalls können sich die Verluste aus Pumpen, Ventilen, Flanschen summieren und eine bedeutende Quelle von VOC-Emissionen sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Leitungssysteme haben eine Reihe von Vorteilen, das sind:

- Mindern des Verschüttungsrisikos beim Transport und Umfüllen
- Wegfall des Öffnens von Tanks und Vorratsbehältern erlaubt eine bessere Abdichtung und vermindert das Risiko von Verunreinigungen
- Der Anschluss von Durchflussmessern erlaubt eine genaue Überprüfung.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Da beim Illustrationstiefdruck nur Toluol verwendet wird, ist die direkte Zuführung einfach anzuwenden. Beim Flexoverpackungsdruck ist die Situation aber komplexer, weil die Viskositätseinstellung mit verschiedenen Lösemitteln abhängig vom gerade ausgeführten Auftrag erfolgt. Allgemein werden Ethanol (für Flexographie) oder Ethylacetat oder spezielle Ethanol/Ethylacetat- Mischungen (für Tiefdruck) und manchmal MEK (Methylethylketon) (für Klebstoffe und Lacke) und manchmal auch andere Lösemittel verwendet.

Das Zuleiten ohne Messung kann die Bestimmung des Lösemittelverbrauchs in bestimmten Abschnitten des Prozesses unmöglich machen. Es verringert die Menge an zur Verfügung stehenden Daten für die Lösemittelbilanz und macht die Identifizierung und Mengenbestimmung von diffusen Emissionen schwieriger.

**Anwendbarkeit:** Wird allgemein beim Illustrationstiefdruck und Flexoverpackungsdruck angewendet. Weitverbreitet in der Automobilindustrie. Nicht anwendbar in der Bandblechbeschichtung. Allgemein verwendet beim Beschichten von Holz und Möbeln, wenn größere Mengen an Lack verarbeitet werden, z.B. in mittleren oder größeren Unternehmen.

**Wirtschaftlichkeit:** Für neue Anlagen entstehen nur geringe Kosten, die Nachrüstung ist aber sehr teuer.

**Gründe für die Einführung:** Neben der Reduzierung des Lösemittelverbrauchs verringert es auch die Zeit, in der die Lackier- oder Druckanlagen nicht arbeiten.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004] [89, UK and Programme, 1996] [128, TWG, 2005]

### 20.6.3.6 Chargenlackierung/ Farbblockbildung

**Beschreibung:** Chargenlackierung, die auch Farbgruppenbildung oder Blocklackierung genannt wird, bedeutet, dass Serien von spezifischen Produkten in der gleichen Farbe lackiert werden. Das führt zu weniger häufigen Farbwechseln.

**Erreichte Umwelteffekte:** VOC-Minderungen durch weniger Reinigungen/Spülungen der Lackierlinie.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Es muss ausreichend Lagerraum für die Produkte vorhanden sein, wie auch ein entsprechendes logistisches Planungssystem. Das hängt aber auch von der Anzahl der verschiedenen Farben und ihrer relativen Häufigkeit im Produktionsprozess ab. In der Automobilindustrie beträgt die durchschnittliche Chargengröße zwischen 2 und 6 Einheiten.

**Anwendbarkeit:** Die Technik wird allgemein in der Automobilindustrie angewendet, beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen und beim Lackieren von Metallverpackungen. Sie ist nicht anwendbar bei Druckprozessen.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparungen an Lack, Lösemitteln und hinsichtlich Reinigung Leerlaufzeiten müssen gegen höhere Kosten für Lagerkapazitäten gerechnet werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Allgemeine Anwendung in den meisten Automobilwerken.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.6.3.7 Molchreinigungssysteme

**Beschreibung:** Bei dieser Methode wird nur soviel Lack in das System gefüllt, wie für den Lackierprozess erforderlich ist. Der Lack wird aus der (flexiblen) Leitung durch einen elastischen Trennkörper in die Lackversorgung zurückgedrückt (Molchreinigung) und kann wiederverwendet werden. Die Lösemittel zur Spülung können gesammelt und wiederverwendet werden.

Eine spezielle Art des Spülens ist das sogenannte ‘soft purging’, bei dem Farbmaterialien mit niedrigem VOC-Gehalt anstelle von Lösemitteln dazu benutzt werden, die Spritzpistolen und Leitungen zu spülen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Vorteile liegen im geringeren Verbrauch von Reinigungsmitteln, der Minderung von Lack- und Lösemittelverlusten als auch der Abnahme von manuellen Prozessen bei Farbwechseln.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Nur anwendbar bei:

- Lacken oder Druckfarben, die durch Leitungen zu den Maschinen transportiert werden
- regelmäßiger Leitung unterschiedlicher Farben durch die gleichen Leitungen.

Nicht anwendbar bei Verwendung niedrigviskoser Produkte, da sie an den Modulen vorbeilaufen. Derzeitig bei einigen Basislack-Lackierlinien in AutomobilLackieranlagen eingesetzt.

In der Automobilindustrie hat der Trend zu mehr Spezialfarben zu einer Entwicklung von neuen Lackversorgungssystemen, die wirtschaftlichere Wechsel der Farben gestatten, geführt. Dabei wird auch das soft purging angewendet.

In der Möbelindustrie besteht eine steigende Nachfrage nach individuell und mit Spezialfarben lackierten Möbeln und demzufolge der Verwendung von Molchreinigungssystemen.

Diese Technik wird im allgemein nicht beim Lackieren von Schienenfahrzeugen angewandt.

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenreduzierung durch geringeren Lack- und Lösemittelverbrauch.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland und Renault, Flins sur Seine, Frankreich.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 20.7 Lackierprozesse und -anlagen

### 20.7.1 Vorbehandlungen vor dem Lackieren

Techniken zur Reinigung und ihre Auswahl werden auch im Abschnitt 20.9 diskutiert. Mehr Informationen dazu kann man auch im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen (STM BREF) finden [59, EIPPCB, 2005].

#### 20.7.1.1 Lösemittelbasiertes Entfetten

**Beschreibung:** Öl, Schmierfett und Schmutz werden vom Metall- oder Kunststoffoberflächen mit Lösemitteln entfernt. Das gescieht gewöhnlich durch Eintauchen in Tanks mit Lösemittel oder in den Lösemitteldampf über der Flüssigkeit. Die Tanks/Fässer können offen oder geschlossen sein, und sie können mit Ultraschallsystemen benutzt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Es werden oft stark flüchtige und/oder halogenierte VOCs verwendet.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet, wenn mit den Materialien verträglich. Diese Prozesse werden nicht beim Beschichten von Holz und Möbeln verwendet, da sie nicht notwendig sind und Öl aus dem Holz ziehen würden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005]

#### 20.7.1.2 Wässrige Vorbehandlungen

Wässrige Vorbehandlungen werden aus drei Gründen durchgeführt: Entfernung von Schmierstoffen und Schmutz aus den vorausgegangenen Arbeitsschritten, Erhöhung der Korrosionswiederstandsfähigkeit und die Verbesserung der Haftung von nachfolgenden Lackschichten. Die gewöhnlich angewendeten Vorbehandlungsschritte sind die Entfettung, das Phosphatieren und das Chromatieren. Mehr Informationen dazu findet man im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen [59, EIPPCB, 2005]. Diese Prozesse werden nicht bei der Beschichtung von Holz und Möbeln angewendet, da sie dort unnötig sind und sie Öl aus dem Holz ziehen.

#### 20.7.1.2.1 Wässrige Entfettung

**Beschreibung:** Öl, Schmierfett und Schmutz werden von Metall- oder Kunststoffoberflächen mit wässrigen Reinigungsmittellösungen entfernt. Es gibt eine Reihe von Reinigungsmitteln und sauren oder alkalischen Lösungen, die für alle Situationen geeignet sind (siehe auch Abschnitt 20.9).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung von Lösemittelemissionen, insbesondere halogenierter Lösemittel.

**Medienübergreifende Effekte:** Benötigt gewöhnlich Beheizung. Diese Reinigungssysteme enthalten Tenside, die möglicherweise eine Abwasserbehandlung erforderlich machen.

**Betriebsdaten:** Es muss ein Reinigunssystem ausgewählt werden, das für die Oberfläche/ Substrat geeignet ist und das Öl/ den Schmierstoff entfernt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet verwendet. Siehe BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen zur Diskussion der Optionen.

**Wirtschaftlichkeit:** Preisgünstig einzurichten und durchzuführen.

**Gründe für die Einführung:** Erfüllung rechtlicher Anforderungen, z.B. regt die EU-Lösemittelrichtlinie die Verwendung wässriger Systeme an.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet bei der Oberflächenbehandlung bei der Bandblechbeschichtung und von Autokarossen.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 20.7.1.2.2 Phosphatierung

**Beschreibung:** Phosphatschichten werden zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und der Haftfestigkeit nachfolgender Lackschichten auf Stahluntergründen verwendet. Typischerweise enthalten sie Eisen, Zink, Nickel und Mangan. Sie können durch Spritzen/Sprühen aufgetragen werden, gewöhnlich wird aber das Tauchverfahren angewandt, um eine vollständigere und gleichmäßigere Schicht zu erzielen. Mehr Daten dazu enthält das BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Insgesamt sind die Auswirkungen gering. Neben den vorhandenen Metallen können die Anionen Nitrite und Fluoride enthalten, man benötigt aber keine spezielle Abwasserbehandlung, um diese zu entfernen. Die in der Prozesslösung gebildeten Schlämme müssen entfernt und als Abfall behandelt werden. Es können einige Gesundheits- und Sicherheitsfragen mit Bestandteilen wie Nitriten auftreten.

**Betriebsdaten:** Siehe BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen.

**Anwendbarkeit:** Fast überall verwendet als Vorbehandlung für großflächiges Beschichten von Stahl und einfach aufzutragen, wenn der Untergrund gut entfettet ist. Die Oberfläche kann mit Speziallösungen, die Titan oder Magnesium enthalten, aktiviert werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Billig, abhängig vom Grad der Automatisierung des Auftragssystems.

**Gründe für die Einführung:** Oberflächengüte des Produktes.

**Beispielbetriebe:** Alle Autofabriken und weitverbreitet in anderen Industrien.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 20.7.1.2.3 Chromatierung

**Beschreibung:** Chromatschichten enthalten dreiwertiges oder sechswertiges Chrom. Sie werden zur Verbesserung des Korrosionsschutzes auf verschiedenen Metalloberflächen verwendet, einschließlich elektroverzinkten, feuerverzinkten Metallen, Aluminium, Edelstahl, kaltgewalztem Stahl, Zinn, Kupfer und Magnesium.

Der Schutzmechanismus basiert auf der Auflösung des Cr(VI) auf der Oberflächenschicht. Die Anwesenheit des Chromats hemmt jede Korrosion der exponierten Metalloberfläche. Ohne diesen Schutz haben zinkbeschichtete Stahloberflächen eine starke Tendenz zur Weißrostkorrosion.

Chromatschichten aus sechswertigem Chrom und zugehörige Verfahren einschließlich der Alternativen werden ebenfalls im BVT-Merkblatt für die Oberflächenbehandlung von Metallen diskutiert [59, EIPPCB, 2005].

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhöhte Lebensdauer des Materials. Chromatieren hat keine Auswirkungen auf ein Recycling des Trägermetalls.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Konzentration von sechswertigem Chrom im Behandlungsbad beeinflusst bei nachfolgendem Spülen die Verschmutzung des Abwassers und die Abwasserbehandlung.

Sechswertiges Chrom (Cr-(VI)) ist toxisch und kann krebsauslösend sein, und es ist umweltschädigend. Die Verwendung ist heute in der Autoindustrie und in elektrischen und elektronischen Produkten praktisch verboten. Bis 2005 wurde kein direkter Ersatzstoff gefunden [59, EIPPCB, 2005]. Es wurden aber Alternativen für die Bandblechbeschichtung zur Anwendung bei geringer Korrosionsexposition gefunden (siehe Abschnitt 20.7.1.2.3).

**Betriebsdaten:** Die Schichtdicke der Chromatschicht bewegt sich zwischen 0,1 und 2 µm. die Schichten sind gut geeignet als Haftvermittler für die nachfolgende Beschichtung mit Lack oder mit Kunststofffolien. Es können Schmiermittel zur Verringerung des Reibungswertes des behandelten Bandes enthalten sein.

Dieses Verfahren wird mittels Spritzen/Tauchen und Quetschwalze oder Chemcoater (Rollenauftrag) ausgeführt.

**Anwendbarkeit:** Aus Qualitätsgründen weitverbreitet. Bei der Bandblechbeschichtung wird das Chromatieren zur Steigerung des Korrosionsschutzes auf verschiedenen Metalloberflächen, einschließlich elektroverzinkten, feuerverzinkten Metallen, Aluminium, Edelstahl, kaltgewalztem Stahl, Zinn und Kupfer durchgeführt. Ohne diesen Schutz haben zinkbeschichtete Stahloberflächen eine starke Tendenz zur Weißrostkorrosion.

In der Automobilindustrie wurde gewöhnlich die Passivierung der Zink-Phosphatschicht mit Chrom (VI)- oder Zirkonhexafluorid-Lösungen gemacht. Heutzutage wird die kathodische Tauchlackierung direkt auf die Phosphatschicht aufgetragen, um einen hochwertigen Korrosionsschutz zu erhalten.

Das Chromatieren wird bei Flugzeugen zur Erhöhung des Korrosionsschutzes unter klimatischen Bedingungen mit hoher Feuchtigkeit und hohem Salzgehalt der Atmosphäre oder auf Kundenwunsch durchgeführt (ungefähr 10 % der Flugzeuge). Bei Flugzeugen kann eine chromatfreie Grundierung aufgetragen werden, wenn es unter normalen klimatischen Bedingungen benutzt wird. Ein chromathaltiger Waschprimer wird nur auf Metalloberflächen und nicht auf Verbundwerkstoffe aufgetragen. Er kann aus Sicherheitsgründen nicht ersetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Billig in der Anwendung.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet, aber abnehmend in der Anwendung.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004] [102, EC, 2000]

#### 20.7.1.2.4 Chrom-freie Vorbehandlungsschichten

**Beschreibung:** Es sind einige Chrom-freie Vorbehandlungsverfahren auf dem Markt, die auf Behandlungen mit Verbundstoffen wie organischen Zirkonfluorid-Lösungen, Titanfluorid, Tartraten, Phosphorsäure oder einer Behandlung mit organischen Siliziumderivaten (Silanen) basieren. Sie können eine anschließende Polymerschicht, um die erforderliche Korrosionsbeständigkeit zu erreichen, erforderlich machen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eliminiert Chrom in Form von Chrom (VI) aus Abfall und Abwasser.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Chrom- freie Grundierungen sind bei langlebigen Beschichtungssystemen unter aggressiven Umweltbedingungen noch nicht vollständig erprobt.

**Anwendbarkeit:** Sie sind anwendbar für spezifische Kombinationen von metallischen Untergründen mit Lacksystemen insbesondere bei Endnutzeranwendungen (Kundenanforderung), z.B. bei betriebsinternen Verwendungen und bei geringen Anforderungen.

In der Fahrzeugherstellung wird die Elektrotauchlackierung direkt auf die Phosphatschicht ohne Chromatierung aufgetragen, um einen hochwertigen Korrosionsschutz zu erhalten.

Die Chrom-freie Vorbehandlung mit Titan, Phosphorsäure und organischen Polymeren (aufgeführt in Tabelle 14.9) wurde mit einem Chemiezulieferer für den normalen Spritz- und Tauchprozess weiterentwickelt. Seit 1998 verwendet eine Firma diese Methode erfolgreich in einer Bandblechbeschichtungsanlage.

Chrom-freie Vorbehandlungsschichten, die auf Tartraten und Phosphorsäuren basieren, werden heute zur Anodisierung in der Flugzeugindustrie verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Alternativen zu Cr(VI), Airbus, France.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 20.7.1.2.5 Badpflege, Wasser- und Abfall- und Abwasserminderung

Siehe Abschnitt 20.7.5.

## 20.7.2 Lacksysteme

### 20.7.2.1 Konventionelle lösemittelbasierte Lacke

**Beschreibung:** Konventionelle lösemittelbasierte Lacke enthalten ungefähr 35 – 80 Gew.-% an organischen Lösemitteln zur Einstellung der Viskosität und Filmbildung. Die Art des verwendeten Lösemittels hängt hauptsächlich von den verwendeten Harzen oder Bindemitteln ab. Entsprechend dem Filmbildungsprozess können diese Materialien unterteilt werden in:

- thermoplastische Lacke, die durch Lösemittelverdampfung trocknen und chemisch unverändert im trockenen Film bleiben, z.B. Acryl- und Venyllacke
- duroplastische Lacke, die durch Lösemittelverdampfung 'trocknen', gefolgt von einer chemischen Härtung oder einer chemischen Reaktion zur Bildung eines unlöslichen Verbundes von Polymeren, z.B. Polyester-/Amino-, Polyurethan- und Epoxidlacke
- oxidativ trocknende Lacke, Alkydharze modifiziert mit natürlich trocknenden Ölen härten durch eine Reaktion mit Luftsauerstoff.

Die Wahl der Art des verwendeten Lösemittels basiert auf den folgenden Hauptkriterien:

- Fähigkeit, Harz zu lösen
- Verdampfungsrate (Trocknungsrate)
- Gefahr, Geruch und Kosten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zu wasserbasierten Verfahren wird weniger Energie zum Trocknen benötigt.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Verwenden konventioneller lösemittelbasierter Lacke hat die höchsten VOC-Emissionen und erfordert wahrscheinlich VOC-Emissionsminderungsmaßnahmen wie sie in Abschnitt 20.11 beschrieben sind.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Lösemittelbasierte Produkte werden als erste Schicht/Festiger/Versiegler, Primer/Grundierung und Decklack, abhängig von der Branche dem Untergrund, verwendet.

Lösemittelbasierte Lacke werden gewöhnlich angewendet in:

- der Automobilindustrie: siehe Abschnitt 6.4.1
- beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen: siehe Abschnitt 7.4.1
- beim Lackieren von Bussen: siehe Abschnitt 8.4.2.2
- beim Lackieren von Zügen: siehe Abschnitt 9.4.1
- beim Lackieren von Landmaschinen und Baumaschinen: siehe Abschnitt 10.4.1
- beim Lackieren von Schiffen und Yachten: siehe Abschnitt 11.4.1
- beim Lackieren von Flugzeugen: siehe Abschnitt 12.4.1
- bei der Bandblechbeschichtung: siehe Abschnitt 14.4.2
- beim Beschichten von Metallverpackungen: siehe Abschnitt 15.4.1
- beim Beschichten von Kunststoffteilen: siehe Abschnitt 16.4.3
- beim Beschichten von Möbeln und Holzwerkstoffen: siehe Abschnitt 17.4.2.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

### 20.7.2.2 Lösemittelbasierte High-Solid-Lacke

**Beschreibung:** Die Verwendung von Lacken mit höherem Feststoffanteil verringert die Lösemittelmenge im Vergleich zu konventionellen, lösemittelbasierten Lacken, während immer noch die erforderliche Menge Lack aufgetragen wird. Der Feststoffanteil beträgt mehr als 65 Vol. % (z.B. bei Yachten 450g/l Epoxide für den Bereich unterhalb der Wasserlinie). Die Filmbildner beruhen vorwiegend auf Epoxiden, 2-Komponenten Polyurethanen, Polysiloxan, Oxiran oder Alkydharz.

**Erreichte Umwelteffekte:** Bedeutende Minderungen des Lösemittelverbrauchs und von Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Für Lacke zum Lackieren von Land- und Baumaschinen oder Hauhaltsgeräten werden meist High-Solids auf Acrylat- oder Polyester-Isozyanat-Basis verwendet.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet angewendet.

Beim Lackieren von Schiffen und Yachten werden High-Solid-Epoxidlacke gewöhnlich für den Anstrich von Bereichen unterhalb der Wasserlinie verwendet.

Beim Lackieren von Flugzeugen werden High-Solid-Lacke manchmal als Decklack verwendet.

Beim Lackieren von Schienenfahrzeugen werden High-Solid-Lacke nur als 1-Schicht-Decklack verwendet.

Beim Lackieren von Bussen werden High-Solids im 1-Schicht-Decklack-System verwendet.

In der Bandblechbeschichtung werden High-Solids allgemein angewendet.

Sie werden gegenwärtig nicht für Metallverpackungen verwendet.

Sie werden gegenwärtig nicht für das Beschichten von Holz und Möbeln verwendet, da sie zu klebrig sind und das Ergebnis unerwünscht Kunststoffartig aussieht auf damit beschichteten hölzernen Produkten.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Einkaufskosten von High-Solid-Lacken sind im Vergleich zu konventionellen Lacken höher, sie haben aber eine bessere Deckkraft, die Kosten pro $m^2$ sind gewöhnlich geringer. Es können Einsparungen bei den Arbeitskosten erwartet werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.7.2.3 Wasserbasierte Lacke

**Beschreibung:** Wasserbasierte Lacke enthalten wasserhaltige oder wasserlösliche filmbildende Bestandteile. Wasserbasierte Lacksysteme können 1-Komponenten-Lacke sein, meist werden aber 2-Komponenten-Lacke und UV-härtende Lacke angewendet. Hauptsächlich basieren sie auf Alkyden, Polyestern, Acrylat, Melamin und Epoxidharz. Wasserbasierte Pulver- und Pulverslurry-Lacke werden in Abschnitt 20.7.2.6 und sowie in Abschnitt 20.7.2.7 diskutiert.

Wasserbasierte Lacksysteme haben normalerweise einen Wassergehalt von 10 – 65 Gew.-% und enthalten meist auch <3 - 18 % organische Lösemittel zur Herstellung der Löslichkeit und zur Verbesserung der Eigenschaften der Nassfilmschicht. Es gibt auch völlig lösemittelfreie Lacke. Als Teil der Formulierung können auch Biozide als Konservierungsmittel zur Lagerung der Lacke, bei architektonischen Anwendungen oder für Elektrobeschichtungen (die in Tanks durchgeführt werden) enthalten sein.

Die wesentlichen Verbesserungen dieser Materialien sind in ihrem Korrosionsschutz und ihrer Außenbeständigkeit (gegen klimatische Einwirkungen) zu sehen.

2-Komponenten-Wasserlacke zeigen eine verbesserte, insbesondere mechanische Widerstandsfähigkeit, und haben eine sehr gute Isolierfunktion sogar auf an natürlichen Ölen reichem Holz.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Hauptvorteile von Wasserlacken liegen in der Minderung der VOC-Emissionen und der Möglichkeit des Recyclings der Lacke durch verschiedenen Verfahren, z.B. durch Anwendung der Ultrafiltration. Das Reinigen von Spritzanlagen und anderen Werkzeugen kann mit Wasser-/Lösemittel-Mixturen mit einem Lösemittelanteil von ungefähr 5 bis 20 % erfolgen.

Ein anderer Vorteil ist, dass keine Gefahren im Zusammenhang mit dem Flammpunkt auftreten, wodurch das Risiko von Bränden und Explosionen minimiert wird.

**Medienübergreifende Effekte:** Verglichen mit organischen Lösemitteln benötigt Wasser eine höhere Verdampfungsenergie. Deshalb kann erwartet werden, dass der Energieaufwand zum Trocknen von wasserbasierten Lacken höher ist, wenn die gleiche Trocknungsrate wie bei lösemittelbasierten Lacken erreicht werden soll. Verglichen mit der Zerstäubung, der Klimatisierung von Spritzkabinen, der Erwärmung von Untergründen, den Ofenverlusten usw. liegt jedoch der Energieverbrauch zur Verdampfung löslicher Verbindungen für viele industrielle Prozesse im Bereich von nur 1 %. Wasser anstelle von organischen Lösemitteln hat nur untergeordnete Bedeutung für die Gesamtprozessenergie. Zusätzliche Energieanforderungen haben nur eine Bedeutung beim Trocknen bei Außenluftbedingungen und im Falle von Lack-in-Lack-Prozessen.

Weil Wasserlacke einen geringeren Auftragswirkungsgrad haben, kann der Lackverbrauch erhöht sein. In der Praxis ist der geringere Wirkungsgrad jedoch nur bei elektrostatischen Hochrotationsglocken bei Verwendung externer Aufladung von Bedeutung (5 % weniger als das Maximum). Ein geringerer Auftragswirkungsgrad kann auch bei elektrostatischem Handauftrag, bei dem die Spannung aus Sicherheitsgründen begrenzt ist, auftreten. Alternative Techniken (interne Aufladung) sind möglich und werden weitverbreitet angewendet. Wasserbasierte Lacke werden meist in neuen oder geänderten Anlagen verwendet. Die Effizienz ist gewöhnlich wegen der besseren Leistung der Anlage und möglicherweise besserer 'Erfolge im ersten Versuch' höher. Belege aus der Fahrzeugindustrie zeigen vergleichbare Auftragswirkungsgrade mit lösemittelbasierten Systemen.

Der CSB und BSB im Wasser werden höher sein, Substanzen wie Biozide, Organozinn-Katalysatoren und Ammoniak müssen entsprechend behandelt werden.

Abhängig vom verwendeten Verfahren, können Menge und Qualität des gefährlichen Abfalls stark wechseln.

**Betriebsdaten:** Wasserbasierte Lacke können erhebliche Korrosionsprobleme innerhalb der Spritzanlage durch das Vorkommen von Wasser und Sauerstoff verursachen. Die Substitution durch wasserbasierte Lacke in konventionellen Anlagen erfordert normalerweise erhebliche Veränderungen an der Anlage, wie den Ersatz von Farbzuführleitungen durch Materialien aus hochwertigem Stahl.

Beim Lackieren von Möbeln und Holz wird über eine erhöhte Verblockung der Spritzanlage berichtet. Es ist nicht bekannt, ob es sich um ein prozessbedingtes Problem handelt oder durch Ausbildung der Lackierer und Anpassung der Handhabung gelöst werden kann.

Werden wasserbasierte Lacke verarbeitet, müssen die folgenden Anforderungen allgemein eingehalten werden:

- die Umgebungsluft muss zwischen 18 - 28 ºC liegen
- die Oberflächentemperatur des Werkstücks sollte nicht weniger als 15 ºC betragen
- ein optimaler Ablauf des Prozesses findet bei einer Luftfeuchtigkeit von 55 - 75 % statt
- wasserbasierte Lacke können nicht bei weniger als 0 ºC gelagert werden (Frostschäden)
- gute Belüftung auf der Oberfläche.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Lacke sind seit vielen Jahren auf dem Markt erhältlich und werden weit verbreitet angewendet. Aufgrund ständiger Weiterentwicklung dieser Materialien, vergrößert sich ihre Anwendungsbreite ständig.

Sie werden allgemein in der Automobilindustrie angewendet.

Obwohl für das Lackieren von Schiffen und Yachten wasserbasierte Lacke für verschiedene Anwendungen erhältlich sind, werden sie aber nur in begrenztem Umfang verwendet. Bei wasserbasierten Beschichtungen werden Airless-Spritzen oder Rollen angewendet, nicht jedoch elektrostatische Hochrotationsglocken.

Beim Lackieren von Zügen werden 2-Komponenten-, Cromat-freie, wasserbasierte Lacke auf Epoxidbasis als Grundierung, als Primer/Füller und manchmal als Decklack angewendet. Wasserbasierte Lacke werden auch zum Schutz des Unterbodens aufgetragen.

In einigen Fällen werden wasserbasierte Lacke zum Lackieren von Bussen verwendet (kataphoretischer Tauchlack und Unterbodenschutz). Mit einer Ausnahme werden wasserbasierte Lacke nicht als Decklack verwendet. In einer Anlage werden City-Busse komplett mit wasserbasierten Lacken lackiert.

Beim Lackieren von Land- und Baumaschinen werden sie gewöhnlich zur kataphoretischen Tauchlackierung und auch im 1-Schicht-Decklack verwendet.

Beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen werden sie allgemein zur kataphoretischen Tauchlackierung, als Primer/Füller und als Basislack bei Nutzfahrzeugen, LKW-Kabinen und LKW-Karossen und bei Achsen angewendet.

Werden wasserbasierte Lacke bei der Bandblechbeschichtung verwendet, ist die Anwendung meistens auf den Primer und den Rückseitenlack beschränkt.

Beim Lackieren von Metallverpackungen werden wasserbasierte Lacke verwendet, diese enthalten aber bis zu 38 % organische Lösemittel. Der Außenlack von Fässern enthält bei Verwendung wasserbasierter Lacke <10 % organische Lösemittel.

Beim Lackieren von Kunststoffwerkstücken werden wasserbasierte Lacke allgemein als Grundierlack, als Basislack und manchmal als Klarlack verwendet.

Für Möbel und Holz werden wasserbasierte 2-Komponenten-Lacke und UV-härtende Lacke allgemein für einige Möbelplattenteile vor dem Zusammenbau verwendet. Es gibt aber, abhängig vom Untergrund, durch Aufquellen von Fasern technische Einschränkungen. Beim Wechsel zu wasserbasierten Produkten erhöht sich das Gesamtvolumen der zu trocknenden Produkte, da mehr Lackier- und Trockenschritte benötigt werden mit zusätzlichem Schleifen und Polieren zwischendurch. Schleifen und zusätzliches Trocknen führen beide zu erhöhtem Energieverbrauch und Rohstoffverbrauch als auch zusätzlicher Arbeit. Als Alternative könnten andere Trocknungsverfahren eingeführt werden. Das kann neue Entwicklungsarbeiten erfordern und würde die Kosten erhöhen. Das Lackieren von Montagemöbeln mit UV ist nicht möglich.

Beim Lackieren von Flugzeugen werden sie gegenwärtig wegen ihrer geringen Resistenz gegenüber Chemikalien, wie z.B. Hydraulikölen, nicht verwendet. Da die Herstellergarantie gegen Korrosion für 25 Jahre gewährt wird, können nur freigegebene Lacksysteme verwendet werden.

Diese Technik ist bei Schiffen nicht weitverbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Kosten für einen Wechsel zu automatisierten Lackierstraßen können in einigen Fällen sehr hoch sein. Nachrüstung findet gewöhnlich am Ende der technischen Lebenszeit einer bestehenden Anlage statt. Wird der Lack von Hand aufgetragen, sind die Kosten der Nachrüstung geringer, aber immer noch bedeutend. Sie hängen ab vom Verhältnis manueller Bedienung zu automatischen Apparaturen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [8, IFARE and CITEPA, 2002] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [168, ESIG, 2005] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005]

#### 20.7.2.4 Wasserbasierte Lacke mit verkürzten Verdunstungszeiten

**Beschreibung:** Zur Entwicklung von wasserbasierten Lacken siehe 'Betriebsdaten' unten. Das Basislacksystem zeigt vergleichbare Eigenschaften zu derzeitigen wasserverdünnbaren Systemen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Energieverbrauch kann geringer als bei konventionellen Lösemittelsystemen sein und ist geringer als bei Anwendung konventioneller wasserverdünnbarer Basislacksysteme (es ist kein Infrarot-Trockner erforderlich).

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Standardmäßige wasserbasierte Basislacke benötigen eine enge Überwachung der Arbeitsbedingungen in der Spritzkabine (mit einer engen Verarbeitungszeit), fünf- bis sechsminütige Zwangsablüftung und Edelstahlzuleitungen. Insbesondere die Ablüftanforderungen behindern die Anwendung wasserbasierter Lacke in bestehenden Anlagen. Bei Basislacken mit verkürzten Ablüftzeiten sind 90 bis 150 Sekunden als Ablüftzeit ausreichend (schnelltrocknende Harze, stark flüchtige und azeotrope Lösemittel und Hochgeschwindigkeits-Ablüftungszonen), so können sie bei vielen existierenden Linien eingesetzt werden. Gleichzeitig wird die Verarbeitungsfenster vergrößert.

**Anwendbarkeit:** Die Verwendung dieses Konzeptes ist begrenzt durch die nachfolgenden Lackschichten. Tests haben gezeigt, dass eine gute Oberflächenqualität mit einem 2-Komponenten-Klarlack erreichbar ist. Hingegen mit einem 1-Komponenten-Klarlack-System können noch einige Fehler in der Qualität auftreten (z.B. Schleier). Es wurden erfolgreiche Tests an Lackierstraßen durchgeführt. Freigaben gibt es für 2-Komponenten- als auch für 1-Komponenten Klarlacke.

**Wirtschaftlichkeit:** Wechsel von lösemittelbasierten Basislacken zu wasserverdünnbaren Basislacken können mit relativ kleinem technischen Aufwand erfolgen (verglichen mit einer neuen Anlage).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Produkte mit verkürzter Ablüftzeit werden großtechnisch eingesetzt bei Hyundai Assam, Südkorea und bei Alfa Romeo Pomigliano, Italien.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005]

#### 20.7.2.5 Strahlungshärtende Lacke

**Beschreibung:** Strahlungshärtende Schichten benötigen für ihre Härtung die Aktivierung bestimmter chemischer Gruppen durch UV-Licht oder schnelle Elektronen (siehe Abschnitt 20.8.2). Diese Eigenschaft kann in Harzen und in flüssigen Verdünnern gefunden werden, so dass es möglich ist, ein flüssiges Lacksystem herzustellen, das ohne Wärme und jegliche Emissionen von VOC aushärtet. Alternativ kann eine ähnliche chemische Funktionsweise in wasserbasierten oder sogar festen (Pulver-)Lacken erzeugt werden. Die Basisharze enthalten Epoxide, Polyester, Polyurethane, aber alle mit funktionalen Acryl- oder Venylgruppen. Die Härtungsreaktion wird direkt mit Elektronenstrahlen (ES) oder Ultraviolettstrahlen (UV) durch die zugefügten Fotoinitiatoren hervorgerufen. Für weitere Informationen dazu siehe:

- UV- (ultraviolett) Strahlungshärten: siehe Abschnitt 20.8.2.3
- ES- (Elektronenstrahl-) Strahlungshärten: siehe Abschnitt 20.8.2.4.

**Erreichte Umwelteffekte:** Weder wasserbasierte noch lösemittelfreie Strahlungs-härtende Lacke erzeugen Abwasser oder VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** UV-härtende Lacke können mit verschiedenen Techniken verwendet werden, z.B. durch Rollen, Gießen, Spritzen oder Vakuumbeschichten. Es sind Strahlungs-härtende Pulverlacke entwickelt worden, aber die Mehrzahl der Pulverbeschichtungen werden in konventionellen Hochtemperaturöfen gehärtet, siehe Abschnitt 20.7.2.6.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet angewendet.

Beim Lackieren von Metallverpackungen sind UV-härtende Lacke weitverbreitet bei der Herstellung von dreiteiligen Dosen. Sie werden aber nicht bei tiefgezogenen (DWI) Dosen und bei der Aluminiumtubenherstellung angewendet

Beim Lackieren von Kunststoffwerkstücken werden UV-härtende Lacke als Klarlack verwendet, z.B. auf Radkappen.

Beim Lackieren von Möbeln und Holz werden allgemein wasserbasierte UV-härtende Lacke in einigen Möbel- und Holzlacken verwendet. Die Anwendung erfolgt gewöhnlich, wenn flache Platten separat lackiert werden können und das Lackieren vor dem Zusammenbau der Möbel erfolgt.

Sie werden zurzeit nicht in der Automobilindustrie, beim Lackieren von Flugzeugen, Schiffen, Schienenfahrzeugen, Bussen, Land- und Baumaschinen, LKWs und Nutzfahrzeugen und in der Bandblechbeschichtung verwendet (siehe auch Abschnitt 22.14.2).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten hängen von der Spezifikation, der Menge und dem Zulieferer ab. Als ein Beispiel: die Kosten eines wasserbasierten UV-Lacks (50 % Feststoffanteil) betragen 6,50 € pro Kilogramm, das ist mehr als für einen herkömmlichen Lack (z.B. 2-Komponenten-PU-Lack kostet 4,35 € pro kg). Bei reinem UV-härtenden Lack aber (der 100 % Feststoffanteil hat) werden die Gesamtkosten pro $m^2$ geringer sein, da durch den höheren Feststoffanteil ein höherer Wirkungsgrad erreicht wird und der Overspray um mindestens 50 % reduziert werden kann.

Der geschätzte Preis für ein Kilogramm UV-härtenden Pulverlack liegt in der Spanne von 3,01 und 5,38 €.

Die Investitionskosten für eine neue UV-härtende Pulverbeschichtungsanlage beträgt rund 875.000 €, enthalten sind 275.000 € für eine Auftragskabine und eine Trocknungsanlage und 600.000 € für Automatisierung, Materialreserven, Förderbänder usw. Die Betriebskosten sind mehr oder weniger die gleichen wie für eine bestehende Beschichtungsanlage für lösemittelbasierte Lacke.
**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004] [155, CEPE, 2006]

### 20.7.2.6 Pulverlacke- konventionell gehärtet

**Beschreibung:** Pulverlacke sind lösemittelfreie Materialien, die aus einem Pulver bestehen, dass eine Partikelgröße von 25 – 60 µm haben. Abschnitt 20.7.2.5 diskutiert die Entwicklung von Strahlungs-härtenden Pulverlacken, die Mehrzahl der Pulverlacke wird aber in konventionellen Hochtemperaturöfen gehärtet.

Die hauptsächlich filmbildenden Stoffe sind Polyester oder Epoxidharze. Zur Härtung wird das Material in einem Konvektionsofen erhitzt, wo es schmilzt und sich zu einem Film verbindet. Pulverlackverfahren zeigen die folgenden positiven Eigenschaften:

- fast frei von Lösemittelemissionen
- es ist kein Wasser notwendig, um die Lackpartikel in der Spritzkabine zu absorbieren
- geringe Abfallerzeugung, wenn möglich, wird Lackrecycling angewendet
- Lackrecycling ist technisch möglich (bis zu 95 %) und aus wirtschaftlichen Gründen notwendig
- hoher Auftragswirkungsgrad, bis zu 100 %
- Der hohe Anteil an Umluft in der Spritzkabine führt zu einer Minderung des Energieverbrauchs

Es gibt aber auch die folgenden Nachteile:

- die Einstellung der Schichtdicke ist schwierig (siehe Betriebsdaten unten). In der Automobilindustrie z.B. wird eine größere Schichtdicke (rund 65 µm) als notwendig erzeugt, das führt zu höherem Lackverbrauch, heutzutage kann man aber zunehmend auch dünnere Schichten (rund 55 – 60 µm) erzielen
- höhere Härtungstemperaturen sind notwendig (rund 140 - 200 °C), und wegen dieser können nicht alle Untergründe verwendet werden. Niedrigtemperatur-Pulverlacke kommen zur Zeit auf den Markt, die bei Temperaturen von rund 60 - 100 °C härten
- die Auftragsbedingungen sind streng definiert (Temperatur, Feuchtigkeit)

Handauftrag ist nur möglich, wenn bestimmte Sicherheitsvorschriften eingehalten werden (gegen Staub, elektrostatische Spannung).

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Anwendung von Pulverlacken erzeugt weder Abwasser noch signifikante VOC-Emissionen.

Die Pulverlacktechnologie, bei der das elektrostatisch unterstützte Spritzen verwendet wird, benötigt keine Abscheidung der Overspraypartikel mit Wasser. Deshalb ist auch eine Abwasserbehandlung nicht notwendig, und die Verwendung von Zusätzen (wie Flockungshilfsmitteln) kann vermieden werden.

Auftragsgeräte und die komplette Kabine können mit Vakuum gereinigt werden oder durch Abblasen mit Druckluft. Auf diese Art werden Ressourcen eingespart und Lösemittelemissionen verhindert.

**Medienübergreifende Effekte:** Es sind hohe Aushärtetemperaturen erforderlich. Aber das Härten durch Kombination von Infrarot- und Umlufttechniken hat eine höhere Energieeffizienz im Vergleich zu konventionellen Härtetechniken.

Es können geringe Mengen an VOC beim Härten emittieren - durch chemische Reaktion.

Es gibt mögliche Gesundheitsrisiken am Arbeitsplatz, z.B. durch mutagene Substanzen, wenn z.B. Triglyzidil-Isocyanurat (TGIC) verwendet wird.

Es können Gefahren durch mögliche elektrostatische Aufladung auftreten.

**Betriebsdaten:** Die Einstellung der Schichtdicke bei Pulverlacken ist nicht einfach. Die Spanne des möglichen Schichtdickenauftrags wird durch die Partikelgrößenverteilung im Pulver bestimmt als auch durch die Auftragsgeschwindigkeit und die Härtebedingungen. Dadurch ist es möglich, eine Schicht von 5µm aufzutragen, das Pulver muss aber sehr fein gemahlen und präzise gesteuert werden. Das ist sehr teuer. Zusätzlich haben diese sehr feinen Pulver schlechte Fließ- und Transporteigenschaften, so dass sie schwierig aufzutragen sind. Pulverlacke, die mit 30µm aufgetragen werden können, sind für einige Endanwendungen erhältlich. Im anderen Extremfall können sehr dicke Schichten durch Pulversintern aufgetragen werden. Aber hier besteht die Begrenzung in der Zeit, die man für den Wärmetransport bis zum Schmelzen, Fließen und Vernetzen des Pulvers braucht. Wenn die Formulierung duroplastisch (in der Wärme aushärtend) ist, kann die Oberfläche schon vor dem vollständigen Schmelzen und der Vernetzung hart sein und Luftblasen in der Schicht einschließen. Sofern spezielle Endnutzeranforderungen es nicht erfordern, sind Schichtdicken von mehr als 90µm ungewöhnlich, schon aus wirtschaftlichen Gründen.

Gegenwärtig werden Pulverlacke hauptsächlich mit elektrostatisch unterstützten Spritzgeräten auf die Werkstücke aufgetragen (hauptsächlich auf Metall aber auch auf Glasoberflächen). Für die Serienlackierung von Holz werden Pulverlacke nur in einer sehr begrenzten Anzahl von Anlagen aufgetragen, da sie hohe Trocknungstemperaturen benötigen. MDF-Platten (mittelstarke Faserplatten) sind ein Beispiel für den erfolgreichen Auftrag von Pulverlacken. Die Verwendung von Pulverlacken bei Kunststoffoberflächen ist durch die fehlende elektrische Leitfähigkeit und Temperaturempfindlichkeit beschränkt.

**Anwendbarkeit:** In verschiedenen Sektoren gilt der Pulverlackauftrag schon als etablierte Technik. Durch Möglichkeiten der Automatisierung und durch mögliches Recycling von Overspray erzielt man eine hohe Rentabilität. Die Verwendung von Pulverlacken ist stetig zunehmend. Pulverlacke erfordern elektrostatische Auftragstechniken und sind deshalb vorwiegend geeignet für Metall.

In der Automobilindustrie werden Pulver-Primer und -Klarlacke in nur einem Werk in Europa angewendet, siehe Abschnitt 6.4.3.2, es ist aber in den USA stärker verbreitet. Gegenwärtig erfüllen Pulverlacksysteme nicht die Qualitätsanforderungen der meisten europäischen Hersteller, außerdem gibt es betriebliche Probleme durch den Umstellungsprozess (wie Beibehalten der korrekten Farben und des Finish).

Ein Hersteller errichtet gegenwärtig eine Pulverlackieranlage für das Beschichten von Land- und Baumaschinen. Diese Produktionslinie wird eine konventionelle lösemittelhaltige, 2-Komponenten-1-Schicht-Decklack-Anlage ersetzen. Die Pulvertechnik ist für die Serienproduktion von Land- und Baumaschinen Stand der Technik.

In der Bandblechbeschichtungsindustrie wird die Pulverbeschichtung wegen Schwierigkeiten mit der Geschwindigkeit und Überwachung nur begrenzt eingesetzt. Sie wird insbesondere im Bausektor, z.B. für flache Platten, Fensterrahmen, Sanitärkabinen und bei der Verarbeitung von Walzblechen eingesetzt.

Beim Lackieren von Metallverpackungen können Pulverlacke auf die Naht bei dreiteiligen Dosen aufgetragen, aber nicht zur Lackierung von DWI-Dosen verwendet werden.

Das Lackieren von Kunststoffteilen wird gegenwärtig nur in kleinen Chargen von Kleinteilen durchgeführt, wie z.B. Verbundteile von Metall- und Kunststoff von Autokühlern.

In der Möbel und Holzlackierung wird die Pulverlackierung gegenwärtig nur bei MDF-Platten erfolgreich angewendet.

Sie wird gegenwärtig beim Lackieren von Flugzeugen, Schiffen, Schienenfahrzeugen, Bussen, bei LKWs und Nutzfahrzeugen nicht eingesetzt, sondern nur zur Lackierung von Teilen (wie in Kapitel 13 Beschichten anderer Metalloberflächen und Kapitel 16 Beschichten von Kunststoff). Das Argument bei Flugzeugen und Schiffen ist, dass eine forcierte Trocknung notwendig ist, die in diesen Branchen nur bei Teilen angewendet werden kann.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten hängen von den Spezifikationen, Mengen und Zulieferern ab. Gegenwärtig ist der Preis für Pulverlacksysteme noch höher als für konventionelle Lacksysteme. Der Preis pro kg beträgt zwischen 3.01 - 5.38 € (2006).

Nachrüsten konventioneller lösemittelbasierter Beschichtungsanlagen mit Pulverlackeinheiten erfordern nur den Ersatz des Lackauftragssystems, der Ofen muss wahrscheinlich nicht geändert werden. In der Automobilindustrie erfordern Pulverlacke aber komplett neue Spritzkabinen, Zuführsysteme und Härteöfen.

**Gründe für die Einführung:** Minderung der VOC-Emissionen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [155, CEPE, 2006] [168, ESIG, 2005] [89, Envirowise, 2003] [90, Envirowise, 1998]

### 20.7.2.7 Pulverslurry

**Beschreibung:** Pulverslurry sind in Wasser dispergierte und stabilisierte Pulver. Sie werden mit konventionellen Anlagen für flüssige Lacke aufgetragen. Sie können zum Klarlackauftrag verwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Auftrag von Pulverslurry-Lacken erzeugt weder Abwasser noch VOC-Emissionen. In der Automobilindustrie werden erhebliche Einsparungen an Energie durch Substitution von konventionellem 2-Komponenten-Klarlack durch Lack-in-Lack-Auftrag von Pulverslurry-Klarlack erzielt. Mit dem Lack-in-Lack- (oder auch Nass-in-Nass-)Auftrag können die Zwischentrocknungsschritte ausgelassen werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Ein Zwangstrocknungsschritt ist erforderlich.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik kann gegenwärtig nur bei der Lackierung von Autos angewendet werden, siehe Abschnitt 6.4.3.3.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 20.7.2.8 Vorlackierte Materialien

**Beschreibung:** Vorlackierte Materialien können beim Zusammenbau von Produkten verwendet werden. Das reduziert die Anzahl von Lackschichten oder vermeidet die Notwendigkeit des Lackierens. Ist der zu beschichtende Untergrund von stets gleichbleibenden Abmaßen, wie z.B. bei Bandblechen, Holz- oder Faserplatten, kann das Lackieren mit schwierigeren Auftragstechniken als bei zusammengebauten Produkten oder Bauelementen erfolgen, diese können aber umweltfreundlicher sein (siehe Abschnitt 20.7.3).

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Minderungen von VOC-Emissionen in Abhängigkeit von den Spritzverfahren, die durch bandbeschichtetes Material ersetzt werden. Effizientere Verwendung des Materials. Effizienteres Trocknen oder Härten. Effizientere Erfassung und Beseitigung von Emissionen während der Bandbeschichtung, da der Auftrag auf das Band und der Abzug des Abgases bei einer kontinuierlichen flachen Oberfläche einfacher und effizienter als beim Lackieren von geformten Körpern oder Komponenten ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine. Auch wenn die Emissionen zu den Herstellern der Bandbleche verlagert werden, sind sie gemindert, siehe 'Erreichte Umwelteffekte' oben.

**Betriebsdaten:** Vorlackiertes Material wird durch Bandbeschichtung hergestellt, siehe Kapitel 14.

**Anwendbarkeit:** Bandbeschichtetes Material wird normalerweise mit einer kompletten Bescichtung geliefert, kann aber auch mit Primer bereit für weitere Lackschicht(en) geliefert werden. Es wird für eine wachsende Zahl von Anwendungen benutzt: Bauprodukte, Elektrogeräte (weiße Ware), Automobilindustrie, Caravan und Mobilheime, Metallschränke usw.

Beim Lackieren von Schienenfahrzeugen wird zunehmend bandbeschichtetes Material zur Herstellung von Frachtwagons verwendet.

Im Bereich der Land- und Baumaschinen tragen manche Hersteller eine Elektrobeschichtung und Decklack vor dem Zusammenbau auf; bandbeschichtetes Material könnte auch hier eine Option sein.

Beim Lackieren von Metallverpackungen wird bandbeschichtetes Material allgemein zur Herstellung dreiteiliger Dosen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Reduzieren der Produktionsschritte und Konzentration auf das Kerngeschäft.

**Gründe für die Einführung:** Minderung der Emissionen am Arbeitsplatz und in die Umwelt.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 20.7.2.9 Lacke, die toxische Metalle enthalten

**Beschreibung:** Lackpigmente haben bisher toxische Metalle wie Cadmium, Chrom(VI), Nickel und Blei wegen der Farbigkeit der Bestandteile und aus Korrosionsschutzgründen enthalten. Ihre Verwendung ist aber stark begrenzt durch Arbeitsvorschriften, die nicht im Rahmen dieses Dokumentes behandelt werden, siehe Abschnitt 1.2.3.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Toxische Materialien in der Umwelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Spezielle Anwendungen wie in der Restaurierung usw. liegen nicht im Rahmen (Scope) des Dokumentes.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Vermarktungs- und Verwendungsvorschriften. Produkt- und Abfallregelungen/-vorschriften.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [102, EC, 2000]

### 20.7.3 Lackauftrags- und Lackversorgungstechniken

Verfahren mit einem hohen Auftragswirkungsgrad schließen das Spachteln, Rollen, Gießen, Tauchen, Fluten und Vakuumlackieren ein. Diese Verfahren erzeugen weniger Overspray als ein Spritzauftrag, sind aber nicht überall einsetzbar. Es gibt zwei Tauchprozesse: das konventionelle Tauchen und das Elektrotauchlackieren.

Spritzen kann mit oder ohne elektrostatische Unterstützung erfolgen. Beim elektrostatisch unterstützten Spritzen wird ein elektrisches Feld zwischen dem Werkstück und der Spritzpistole erzeugt. Es werden die im Folgenden genannten Vorteile in Bezug auf die Umwelt und auch auf die Kosteneffektivität erzielt:

- geringerer Materialverbrauch, geringere Emissionen, geringere Mengen an Lackschlamm und weniger Verschmutzungen im Lackauftragsbereich (weniger Reinigung)
- verbesserte Möglichkeiten der Automatisierung von Lackierprozessen, schnelleres Lackieren und deshalb höhere Produktivität
- weniger Luftverbrauch (geringerer Energiebedarf) .

Nachteile der elektrostatisch-unterstützten Spritzanwendung sind das Risiko der 'Nasenbildung' und der Schichtdicke, die in Löchern und an Innenkanten zu dick sein kann aufgrund der Konzentration von Lackmaterial in diesen Bereichen. Es werden verschiedene elektrostatisch-

unterstützte Spritzanwendungen genutzt, sie werden in den folgenden Abschnitten beschrieben. Es können aber auch hinsichtlich des Umgangs mit hohen Spannungen bestimmte Anforderungen bezüglich erzielter Qualität, Geometrie, Lackmaterial, elektrischer Leitfähigkeit (die beeinflusst z.B. die Fähigkeit der Wiederbeschichtung der Oberfläche) und der Arbeitsplatzsicherheit bestehen.

Abgesehen von der zunehmenden Anwendung elektrostatischer Auftragstechniken, ist das Spritzen ohne elektrostatische Aufladung für verschiedene Anwendungen immer noch weitverbreitet. Im Vergleich zu elektrostatischen Verfahren sind die Investitionen erheblich geringer. Es gibt auch keine besonderen Anforderungen bezüglich Geometrie, Lackmaterial, elektrischer Leitfähigkeit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Die Nachteile dieser Auftragstechniken sind ihr geringer Wirkungsgrad. Deshalb wurden verschiedene Techniken zur Minimierung des Oversprays entwickelt, und ihr Wirkungsgrad ist vergleichbar mit elektrostatischen Verfahren. Diese Techniken sind ebenfalls in den folgenden Abschnitten beschrieben [128, TWG, 2005].

#### 20.7.3.1 Walzenauftrag/Rollenauftrag

**Beschreibung:** Der Auftrag erfolgt durch rotierende Gummi- oder Schaumkunststoff-beschichtete Walzen, ein beidseitiges Lackieren ist auch möglich. Das Auftragsgewicht kann durch Variieren des Abstandes zwischen den Walzen eingestellt werden. Bewegen sich Werkstück und Walzen in die gleiche Richtung können nur Schichten von bis zu 12 µm aufgetragen werden, und es können nur Lacke mit einer bestimmten Viskosität verwendet werden. Diese Probleme treten beim Umkehrbeschichtungsverfahren, bei dem sich die Walzen in entgegengesetzter Richtung zum Werkstück bewegen, nicht auf.

Insbesondere wird das Umkehrbeschichtungsverfahren zum Auftrag von Spachtel auf Holz verwendet. Bei automatisierten Verfahren wird das Spachtelmaterial durch Walzenauftrag in Umkehrbeschichtern aufgetragen, Überschussmaterial wird abgestreift. Nach dem Aushärten ist ein Abschleifen erforderlich, um eine glatte Oberfläche zu erhalten.

**Erreichte Umwelteffekte:** In Abhängigkeit vom Werkstück und den Verarbeitungs-bedingungen, kann eine Materialausnutzung von rund 90 – 100 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Die Beschichtung durch Walzen ist insbesondere für 1- und 2-Komponenten-Lacke und Polymerisationsmaterialien mit hoher Viskosität oder 100 % Feststoffgehalt geeignet.

Beim Lackieren von Metallverpackungen wird der Walzenauftrag gewöhnlich für den Auftrag von Außenlack auf Dosen verwendet. Bei der Herstellung dreiteiliger Dosen wird der Walzenauftrag ausschließlich für das Lackieren der Bögen genutzt, aber auch die ‘Seitenstreifen’ können mittels Walzen aufgetragen werden. Bei der Herstellung stranggepresster Aluminiumtuben wird der Walzenauftrag ausschließlich zum Auftrag des Basislacks verwendet.

Diese Technik ist bei der Bandblechbeschichtung weitverbreitet siehe Abschnitt 14.4.4.1.

Beim Beschichten von Holz und Möbeln wird der Walzenauftrag hauptsächlich für flache Werkstücke verwendet, wie z.B. Verbundplatten aus Holz, aber auch leicht gebogene Produkte wie Holzpaneele können bearbeitet werden. Bei stärker gebogenen Oberflächen werden Füller/Spachtelmassen von Hand mit Werkzeugen wie Spachteln aufgetragen.

In der Schifffahrtindustrie wird es nur zum Beschichten von Fischernetzen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine leichte Spachtelmaschine, wie sie in der Holz- und Möbelindustrie verwendet wird, mit einer Arbeitsbreite von 1,3 m und einer elektrischen Leistung von 5,5 kW kostete 55.000 € im Jahr 2000. Ein anderes Beispiel mit einer Schaumstoffwalze und einer Arbeitsbreite von 1,3 m und einer elektrischen Leistung von 3 kW kostete ungefähr 26.000 €. Eine Anlage mit zwei Walzen (Doppelwalzensystem) und gleicher Arbeitsbreite und einer elektrischen Leistung von 6 kW kostete 52.000 €. Beide Beispiele stammen aus dem Jahr 2000.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Siehe Betriebsdaten.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.2 Gießen

**Beschreibung:** Der Lack wird in einem Gießkopf vorgehalten und als laminarer Film/Vorhang abgelassen, durch den die Werkstücke laufen. Überschüssiges Beschichtungsmaterial wird in einem Reservoir aufgefangen und zurück in den Gießkopf gepumpt.

Meistens werden lösemittelfreie Lacke auf Polyesterbasis verwendet, andere Arten von Lacken können aber auch angewendet werden. Das Gießen kann eine sehr hoche Gleichmäßigkeit der Schicht erreichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** In Abhängigkeit vom Werkstück und den Prozessbedingungen können Auftragswirkungsgrade von 90 - 98 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Beim Vorhanggießen werden glatte oder fast glatte Werkstücke lackiert. In Abhängigkeit vom Maschinentyp können Auftragsmengen von $40 – 500$ g/m$^2$ verarbeitet werden.

Das Vorhangbeschichten wird vorwiegend in der Möbelindustrie zum Lackieren von Türen, Möbelwänden oder anderen Platten verwendet.

Es ist auch im Bereich Drucken/Lackieren von Leiterplatten weitverbreitet (mehr Informationen dazu im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen STM BREF [59, EIPPCB, 2005]).

**Wirtschaftlichkeit:** Eine Gießanlage in der Holz- und Möbellackierindustrie mit einer Arbeitsbreite von 1,3 m und einer installierten elektrischen Leistung von 3 kW kostete 35.000 € im Jahr 2000.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [59, EIPPCB, 2005]

### 20.7.3.3 Konventionelles Tauchen

**Beschreibung:** Die Werkstücke werden entweder von Hand getaucht oder mit automatischen Anlagen transportiert und in einen mit Lackmaterial gefüllten Tank getaucht. Das Tauchen kann mit allen 1-Komponenten-Lacksystemen durchgeführt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Vorteile des Tauchens schließen eine sehr hohe Effizienz von bis zu 100 %-iger Komplettbeschichtung des Werkstückes (äußere als auch innere Oberfläche), Kosteneffizienz, hohe Arbeitskapazität und gute Möglichkeiten der Automatisierung ein. Es sind aber auch Wirkungsgrade im Bereich von 80 - 90 % berichtet worden.

Es gibt keine Spritzarbeiten, die Lösemittel freisetzen, aber es findet eine Verdampfung aus dem Tank statt.

**Medienübergreifende Effekte:** Im Vergleich mit dem Spritzen, werden dickere Schichten erzielt werden, die einen höheren Verbrauch an Rohstoffen erfordern. Beim Lackieren von Land- und Baumaschinen werden z.B. Schichtdicken von 50 µm durch Spritzauftrag (HVLP) aufgetragen anstelle einer Schichtdicke von 85 µm bei Anwendung des Tauchens. Der Materialverbrauch ist geringer (auch wenn der Wirkungsgrad durch den Spritzauftrag geringer ist).

**Betriebsdaten:** Es können Luftlöcher im Werkstück notwendig sein, um die eingeschlossene Luft raus zu lassen.

Tauchen in wasserbasierten Lacken kann zu Schaumbildung führen. Wasserbasierte Lacke sind nur über einen kleinen pH-Bereich stabil und deshalb sehr empfindlich bei Verschmutzungen, die aus Vorbehandlungsprozessen eingeschleppt werden könnten (mehr Informationen dazu im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen STM BREF [59, EIPPCB, 2005]). Ein Trocknungsschritt nach der Vorbehandlung, solche Reinigungsprozesse, ist bei Anwendung von wasserbasierten Lacken meist nicht notwendig.

**Anwendbarkeit:** Tauchen ist möglich bei der Serienproduktion von Massengütern, die in einem Farbton ohne Farbwechsel lackiert werden. Auftragsmengen von 60 – 200 g/m$^2$ können verarbeitet werden.

Beim Lackieren von Land- und Baumaschinen wird das Tauchen zum Auftrag von 1-Komponenten-Decklack verwendet. Gewöhnlich werden Schichtdicken von 85 µm erzielt.

Beim Beschichten von Holz und Möbeln wird das Tauchen gewöhnlich zur Serienlackierung von Holzfensterrahmen angewendet. Im Allgemeinen ist die Anwendung dieser Technik in der Holz- und Möbelindustrie aber beschränkt einsetzbar.

Die Technik wird derzeit nicht beim Lackieren von Flugzeugen und Schiffen eingesetzt, falls sie eingesetzt wird, dann nur für die Neuteilherstellung. Sie wird auch nicht zur Lackierung von Schienenfahrzeugen verwendet.

In der Schifffahrtindustrie wird es nur zum Beschichten von Fischernetzen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Es ist eine kosteneffektive Technik.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [59, EIPPCB, 2005]

### 20.7.3.4 Elektrobeschichtung

**Beschreibung:** Es ist bekannt als Elektrobeschichtung, elektrophoretisches Tauchen, E-Lack, E-Coat, ELPO, kataphoretisches Tauchen usw. In einem Tank mit wasserbasiertem Lack wird ein direkter elektrischer Strom zwischen dem Werkstück, das eine Elektrode bildet, und einer Elektrode entgegengesetzter Polarität, die am Tank platziert ist, angelegt. Ein stabiler Schutzfilm wird abgeschieden. In Abhängigkeit von der Polarität des Werkstückes findet ein anodisches (anaphoretisches) oder kathodisches (kataphoretisches) Elektrolackieren mit unterschiedlichen Charakteristiken statt. Beim anodischen Lackieren besteht die Möglichkeit, dass das Substrat Metall verliert, so dass die frische Metalloberfläche eine saure Oberflächenschicht erhält, die schnell oxidiert (d.h. korrodiert). Das passiert bei kathodischen [16]Verfahren nicht, die auch die meistverwendeten sind und zu einem modernen hochwiderstandsfähigen Korrosionsschutzsystem beitragen (unabdingbar als Teil von Qualitätsanforderungen, z.B. bei Autos).

Der Elektrolyt enthält die positiv geladenen Partikel der gelösten Farbpigmente und der Lackbasis (ein Polymerharz) und die negativ geladenen Partikel des Anions einer organischen Säure R-COOH (gewöhnlich Essigsäure, wobei R = $CH_3$).

In der Lösung (oder besser kolloidalen Suspension) werden die Säureanionen (im passenden Verhältnis) an die gelösten Harzpartikel angezogen, die eine höhere Ladungsdichte aufweisen. Harzpartikel werden aus höhermolekularen dreiwertigen Aminen gebildet (im allgemeinen $R_1R_2R_3$-N), welche in der organischen Säurelösung reagieren und vierwertige Ammoniumionen mit positiver Ladung bilden.

Die Ausgangsreaktion zur Vorbereitung des Lacks:

$$R_1R_2R_3\text{-}N + R_4\text{-}COOH \rightarrow R_1R_2R_3\text{-}N\text{-}H\text{-}OOC\text{-}R_4$$

Es treten Dissoziationsprozesse in der Lösung auf:

$$2\ H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$$
$$R_1R_2R_3\text{-}N\text{-}H\text{-}OOC\text{-}\ R_4 \rightarrow R_1R_2R_3\text{-}N\text{-}H^+ + R_4\text{-}COO^-$$

Die elektrochemischen Prozesse an der Anode:

$$4\ OH^- \rightarrow O_2 + 2\ H_2O + 4e$$
$$R_4\text{-}COO\text{-} + 2\ H_2O \rightarrow O_2 + 4\ R_4\text{-}COOH + 4e$$

Die positiv geladenen kolloidalen Partikel bewegen sich in der leitfähigen Lösung (mit dem angelegten Potential (Spannung)) durch Elektrophorese zur (negativen) Kathode. Im ersten Schritt treten die folgenden elektrochemischen Prozesse an der Kathode auf, die bei einer pH-neutralen Lösung eine alkalische Diffusionsschicht an der Anodenoberfläche bilden (bei einem pH-Wert zwischen 12 und 14):

$$2\ H_3O^+ + 2e \rightarrow H_2 + 2\ H_2O$$
$$2\ R_1R_2R_3\text{-}N\text{-}H+ + 2e \rightarrow 2\ R_1R_2R_3\text{-}N$$

Die Partikel werden durch Elektroabscheidung abgeschieden, wobei das Kation (Harz und Pigment) mit dem Hydroxylion reagiert und eine unlösliche Verbindung eingeht. Wenn schließlich die Lackfeststoffteile an der Kathode abgeschieden werden, wird das Wasser aus der Umgebung der Kathode durch eine halbdurchlässige Schicht mittels Elektroendosmose gedrückt. Das Endresultat ist die Bildung einer dauerhaft starken festhaftenden Schicht. Da die Schicht einen relativ hohen Widerstand hat, stoppt der Prozess von selbst, wenn die Schichtdicke nahezu gleich an allen Stellen der Oberfläche oder Kanten ist.

Der Austrag enthält nicht abgeschiedenen Lack, der schnell abgespült werden muss, um eine hohe Qualität der folgenden Beschichtungen zu erreichen.

[16] Anmerkung d. Übersetzerin: im Original wird von anodischen Verfahren geschrieben, Fehler im Original

**Erreichte Umwelteffekte:** Alle verwendeten Elektrolacke sind wasserbasiert und bleifrei (Blei wurde durch Yttrium oder Wismut ersetzt). Der Gehalt an organischen Lösemitteln beträgt ungefähr 2 - 6 %. In Kombination mit einer Gegenstromkaskadenspülung mit Membranfiltration wird ein sehr hoher Anteil an ausgetragenem Lack zurück gewonnen (nahezu 100 %).

**Medienübergreifende Effekte:** Mögliche Erhöhung des Abwasserstroms. Der gelöste Lack kann Organozinnverbindungen als Katalysatoren enthalten, auch wenn diese weitestgehend im Prozess aufgrund der Rückgewinnung der Lackfeststoffe zurückgehalten werden. Der Ablauf enthält Substanzen mit CSB (1000 bis 5000 mg/l emittiert aus dem Spülprozess) und BSB von 200 bis 1000 mg/l (1 - 3 g/m$^2$ CSB und 0.2 - 1 g/m$^2$ BSB). 90 % des CSB und 99% des BSB können durch physikalisch-chemische Behandlung, gefolgt von einer biologischen Behandlung, entfernt werden.

**Betriebsdaten:** Die Vorteile des Elektrolackierens sind:

- eine vollständige und komplette Beschichtung mit gleichbleibender Dicke (auch in Löchern) ohne Bildung von 'Nasen'. Das geschieht zum Teil, weil der Prozess die Schichtdicke schon an sich begrenzt
- die Parameter können durch die angelegte Spannung (Potential), Lackierzeit und Feststoff in der Lösung (innerhalb der Prozessgrenzen) gesteuert werden
- ein hocheffizienter Prozess mit der Möglichkeit der vollen Automatisierung.

Die Nachteile sind:

- das sehr aufwändige Level an Wartung des Lacktanks aus Qualitätsgründen
- hohe Investitionskosten bei Installierung einer kompletten Anlage.

Das Anwenden der Kaskadenverfahren und der Ultrafiltration in den Spültanks der Elektrolackierung ist übliche Praxis (siehe Abschnitt20.12.6). Mehr Informationen dazu im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen STM BREF [59, EIPPCB, 2005].

**Anwendbarkeit:** Es wird allgemein in der Automobilindustrie angewendet zum Lackieren von Bussen, Lackieren von Land- und Baumaschinen und zum Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen.

Es kann für Blechteile angewendet werden, sogar bei gemischten Metallen, wie Legierungen und Baugruppen, die hartgelötet oder geschweißt wurden. Es ist weitverbreitet bei der Lackierung einer Vielzahl kleiner Bauteile.

Diese Technik wird derzeit nicht zur Lackierung von Flugzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen und Yachten angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Weil Elektrolackieren normalerweise hoch automatisiert durchgeführt wird und mit einem Wechselstrom-Mehrfachspülsystem mit Membranfiltration zur Rückgewinnung des ausgetragenen Lacks geliefert wird, sind die Investitions- und Materialkosten gewöhnlich hoch.

**Gründe für die Einführung:** Geringe Anforderungen an die Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet in der Fahrzeugindustrie; CROPUSA, Burgos, Spanien (für Teile/Baugruppen).

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005][128, TWG, 2005] [179, France and TWG, 2003 177] [180, Czech Republic, 2006] [181, ACEA, 2003]

### 20.7.3.5 Fluten

**Beschreibung:** Die Werkstücke werden auf einem Transportband in einen geschlossenen Kanal transportiert, der dann mit dem Lackmaterial über Einspritzrohre geflutet wird. Das Überschussmaterial wird gesammelt und wiederverwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** In Abhängigkeit vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen, kann ein Wirkungsgrad von 95 - 99 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Im Vergleich zum Tauchauftrag sind die Verdampfungsverluste größer.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Das Verfahren ist besonders geeignet für große Werkstücke mit großen Oberflächen, z.B. für Heizelemente, für das Lackieren von LKW-Chassis oder Landmaschinen und auch für den Auftrag von Hohlraumkonservierungsmitteln in der Autoindustrie.

Es können Auftragsgewichte von 60 – 200 g/m$^2$ verarbeitet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 20.7.3.6 Vakuumbeschichten

**Beschreibung:** Die Werkstücke werden über eine Förderbandanlage in eine geschlossene Kammer transportiert, in der ein Vakuum erzeugt wird. Die zu lackierenden Produkte werden in Hochgeschwindigkeit durch die Kammer geleitet. Der Lack wird von vier verschiedenen Seiten aufgetragen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen kann ein Wirkungsgrad von 80 - 100 % erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Vakuumbeschichtung kann für das Lackieren von MDF-Platten, Vollholz, Furnieren, Profilen aus Papierverbundstoffen, Fensterglasscheiben, Sockelleisten und Decken- oder Wandpaneelen verwendet werden.

Außer für wasserbasierte Lacke wurde das Vakuumlackieren kürzlich mit UV-härtenden Lacken auf Holz oder Holzverbundstoffen angewendet. Vakuumlackieren kann nur für Holz, das dem Vakuum widerstehen kann, verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Im einem Realfall führte der Wechsel vom luftunterstützten Spritzen mit wasserbasierten Lacken und Infrarottrocknung zur Vakuumbeschichtung mit Auftrag von UV-härtenden Farben zu einer jährlichen Ersparnis von 262.000 €. Die Amortisationszeit war weniger als zwei Jahre (berichtet in 2003). Ergebnis war die Verhinderung von VOC-Emissionen (14t/a), Abfall (der bis dahin 100t/a betrug) und ein Materialnutzungsgrad des UV-härtenden Lacks von 100 %.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004]

### 20.7.3.7 In-Mould-Lackieren

**Beschreibung:** Die Oberflächenbeschichtung erfolgt in einer Form und das zu beschichtende Material wird zur Beschichtung in die Form oder auf die Form gelegt.

Diese Technik wird bei Lenkrädern, die aus 2-Komponenten PUR-Material bestehen, das in die Mulde gegossen und gehärtet wird, angewendet. Die Herstellung und das Beschichten der Räder erfolgt gleichzeitig. Zur Beschichtung des Lenkrades wird ein Trennmittel in die beheizte Form aufgetragen. Das Beschichtungsmaterial wird auf das Trennmittel gesprüht. Nach einer kurzen Verdampfungszeit wird das PUR-Material für das Lenkrad in die Form gegossen und die Form wird geschlossen. Der Aufschäumprozess des PUR startet und gleichzeitig haftet das Beschichtungsmaterial am PUR.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Anteil an erzeugtem Overspray und damit der Materialverlust beträgt ungefähr 20 % des Materialeinsatzes.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Bisher wurden nur lösemittelbasierte Materialien verarbeitet, aber wasserbasierte In-Mould-Beschichtungsverfahren sind gegenwärtig in der Testphase.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik kann bei der Herstellung von Kunststoffharzbauteilen (z.B. Bootsrümpfen oder zur Herstellung von Lenkrädern) verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 20.7.3.8 Konventionelles Hoch- und Niederdruckspritzen

**Beschreibung:** Die Zerstäubung des Lackmaterials erfolgt mechanisch mittels Druckluft. In einer konventionellen Spritzpistole werden das Lackmaterial und die Druckluft zu einer Düse geführt, wo der Lack vernebelt wird. Die austretende Luft transportiert die Lackpartikel auf die Oberfläche. Mit höherem Luftdruck wird mehr Lack versprüht, aber dann sind auch die Oversprayverluste höher. Ist der Luftdruck zu gering, wird das Ergebnis eine schlechte Oberflächenqualität sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Höchster Ressourcenverbrauch im Vergleich zu anderen Auftragstechniken, und diese Technik ist mit höheren VOC-Emissionen verbunden.

**Betriebsdaten:** Alle Oberflächen können mit dieser Methode beschichtet werden, und es kann eine hohe Oberflächengüte erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Der Wirkungsgrad variiert von 5 % für gitterartige Werkstücke bis rund 30 bis 60 % für großflächige Teile. In der Automobilindustrie werden Bandbreiten von 18 - 35 % für den Wirkungsgrad bei manuellem Spritzauftrag ohne elektrostatische Unterstützung berichtet.

Konventionelles Spritzen ist auf allen Oberflächen anwendbar, und es wird z.B. zum Lackieren von Autos, Möbeln und Maschinen verwendet. Es können Auftragsmengen bis zu 250 g/m$^2$ verarbeitet werden.

In der Automobilindustrie werden oft Auftragsarbeiten mit konventionellen Spritzpistolen nach elektrostatischem Auftrag von Basislacken durchgeführt, um eine gewünschte optische Qualität zu erzielen (Metallic- oder Glanzeffekte).

Das Spritzen wird allgemein beim Lackieren von Land- und Baumaschinen, Lackieren von Schienenfahrzeugen, Metallverpackungen (für die Innenseite von tiefgezogenen Dosen) und für Holz und Möbel angewendet.

Konventionelles Spritzen ist erste Wahl beim Auftrag von hoch qualitativen Decklacken für Yachten, da es ein stark glänzendes Finish erzielt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.9 Niederdruckspritzlackieren (HVLP) (Spritzpistolen mit hohem Auftragswirkungsgrad)

**Beschreibung:** die Zerstäubung des Lackmaterials erfolgt mechanisch mit komprimierter Luft. Zur Zerstäubung werden das Lackmaterial und die Druckluft zu einer Düse geführt, in der der Lack in der Spritzpistole zerstäubt wird. Die austretende Luft transportiert die Lackpartikel auf die Oberfläche. Bei höherem Druck wird mehr Farbe gespritzt, aber die Oversprayverluste sind auch wegen des verwirbelten Luftstroms größer. Ist der Druck zu gering, erhält man eine schlechte Oberflächenqualität. HVLP-Spritzen führt zu einer kleineren Menge von kleinen zerstäubten Lackpartikeln im Vergleich zu konventionellen Spritztechniken, wie in Abschnitt 20.7.3.8 beschrieben, da nur ein geringer Luftdruck verwendet wird.

Das HVLP-Konzept wurde in den 1980er Jahren entwickelt mit dem Hauptziel, einen 60%-igen Auftragswirkungsgrad bei einem auf 0,7 bar begrenzten Luftdruck zu erreichen. Dieser Druck erzielt aber nicht die erforderliche Qualität des Endlacks oder die Auftragsgeschwindigkeit. Es wurden neue Formen von Luftkappen entwickelt, um den geforderten Auftragswirkungsgrad als auch die erforderliche Lackqualität und Auftragsgeschwindigkeit zu erreichen, durch Arbeiten mit höherem Zerstäubungsdruck. Der Zerstäubungsdruck in diesen Spritzpistolen ist höher als mit HVLP aber nur noch halb so groß wie in konventionellen Druckluftspritzpistolen. Niederdruckspritzpistolen können aus jeder Art von Lackcontainer, der mit der Pistole verbunden wird (druckgespeister Tank oder Pumpe), gespeist werden. Der Lackvorratsbehälter kann auf der Pistole oder unterhalb platziert werden. Ist der Behälter auf der Pistole, kann der Inhalt vollständig geleert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** HVLP erreicht eine Materialausnutzung im Bereich von 40 – 80 %. Im Vergleich zum Spritzen mit Hochdruckluft sind Einsparungen bis zu 20 % erreichbar, wenn der Lackvorratsbehälter auf der Pistole montiert ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Durch die Erzeugung größerer Lackpartikel kann der optische Eindruck im Vergleich zum konventionellen Spritzen anders sein. Moderne Hochleistungslacke für Niederdruckspritzen erreichen eine vergleichbare Qualität wie mit Hochdruckpistolen bei gleicher Arbeitsleistung. Die Arbeitsgeschwindigkeit mit HVLP kann gering sein, und es gibt nur eine geringe Steuerung der Dicke der trockenen Schicht.

Es können Auftragsmengen von bis zu 250 g/m$^2$ verarbeitet werden.

**Anwendbarkeit:** HVLP kann für alle Oberflächen benutzt werden. Bei der Holz- und Möbellackierung wird HVLP für niedrigviskose Holzlasuren verwendet, aber zunehmend auch für andere Lacksysteme. Die Technik wird auch weitverbreitet allgemein in der Autoindustrie angewendet, in einem geringeren Ausmaße beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen und beim Lackieren von Bau- und Landmaschinen. Wenn Schienenfahrzeuge manuell lackiert werden, kann HVLP für den Decklack verwendet werden. Es wird auch zum Lackieren von Kunststoffwerkstücken verwendet.

Diese Technik wird nicht allgemein beim Lackieren von Schiffen oder Flugzeugen angewendet (Wo HVLP verwendet wird, wird es für einen Decklackauftrag und möglicherweise für Klarlack verwendet).

**Wirtschaftlichkeit:** HVLP-Spritzpistolen kosten rund 275 – 550 €, ohne Kosten zur Anpassung des Kompressors und der Luftschläuche für die höheren Volumenströme. Es müssen auch die Kosten für ein ein- oder zweitägiges Training des Personals berücksichtigt werden.

Die Amortisationszeit beträgt oft weniger als ein Jahr, abhängig von der Menge des aufgetragenen Lacks und dem derzeitig erreichten Wirkungsgrad.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003, 76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.10 Heißspritzen

**Beschreibung:** Die Zerstäubung des Lackmaterials kann mit Druckluft erfolgen oder durch Verwenden von Heiß-Airlesszerstäubung. Das Lackmaterial und /oder die Druckluft werden erhitzt. Die Viskosität des Lacks ist deshalb geringer, und die Menge an Verdünner kann reduziert werden, was zu geringeren VOC-Emissionen führt. Das Erhitzen des Lacks (auf 60 bis 70 °C) erfolgt im Spritzpistolenbehälter über Heizleitungen für die Druckluft und das Lackmaterial. Durchflussheizer werden für Druckluft verwendet, wenn der Lack bei dieser Temperatur sonst schon beginnen würde zu reagieren. Man kann die Technik mit wasserbasierten, lösemittelbasierten oder lösemittelfreien 2-Komponenten-Epoxidlacken verwenden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die reduzierte Verdünnermenge führt zu geringeren oder sogar keinen VOC-Emissionen. Verglichen mit dem konventionellen Spritzen, kann die Anzahl der Schichten reduziert werden.

Es kann eine Materialeffizienz von 40 - 60 % erreicht werden. Das ist eine Wirkungsgradverbesserung von bis zu 10 %, verglichen mit konventionellem Spritzen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie für das Aufheizen verwendet.

**Betriebsdaten:** Allgemein für Lacke mit hohem Feststoffgehalt verwendet, aber auch anwendbar für das Spritzen von Heißwachs. Kann unter folgenden Bedingungen verarbeitet werden:

- 60 – 200 bar, wenn Lacke mit hohem Lösemittelgehalt oder Wasser gespritzt werden
- 200 – 400 bar, wenn die Spritzlacke dickflüssige High-Solids enthalten
- 2-Komponenten-Lacke, wenn eine Online-Mischung erfolgt (siehe Abschnitt 20.6.3.1).

Mit der erhöhten Temperatur können höhere Schichtdicken ohne 'Nasenbildung' aufgetragen werden. Es treten aber auch die folgenden Einschränkungen auf:

- sehr kurze Topfzeit
- Auftragsgeräte sind teuer
- Einfache ganzzahlige Volumenmischverhältnisse sind erforderlich
- High-Solids/ lösemittelfreie Epoxidlacke müssen verwendet werden
- der Bediener braucht eine Ausbildung, da die Geräte schwierig zu benutzen sind.

**Anwendbarkeit:** Das notwendige Aufheizen nach einem Farbwechsel macht diese Technik ungeeignet für Prozesse mit häufigen Farbwechseln.

Heißspritzen wird manchmal zum Lackieren von Möbeln verwendet, z.B. für Küchenschränke. Diese Technik kann zum Lackieren von Schiffen und Yachten verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Da dickere Schichten aufgetragen werden, sind die Arbeitskosten im Vergleich zu konventionellen Lacken und ihren Auftragsmethoden geringer.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

### 20.7.3.11 Airlesszerstäubung

**Beschreibung:** Die Zerstäubung des Lackmaterials erfolgt mechanisch durch Verwendung von hydrostatischem Druck. Das Lackmaterial wird durch eine feine Hartmetalldüse (<2 mm) mit einem Materialdruck von 80 – 250 bar gepresst. Der Farbstrahl wird aufgetrennt durch Expansion und Reaktion des Farbstrahls mit der stationären Umgebungsluft der Düse. Die Airless-Spritztechnik kann vollautomatisiert oder handbetrieben ausgeführt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Auftragswirkungsgrad der Airless-Spritztechnik beträgt rund 5 % bei gitterartigen Werkstücken und liegt im Bereich von 40 - 75 % für großflächige Werkstücke.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Um eine vergleichbare Oberflächenqualität mit dem Spritzen mit Hochdruckluft zu erreichen, müssen die Verarbeitungsbedingungen eingestellt werden. Schnelle Farbwechsel sind wegen der notwendigen Hochdruckpumpen nicht möglich.

Das Verwenden des Airlessspritzens erzeugt ein raues Profil, das abgeschliffen werden muss, bevor feinere Schichten aufgetragen werden können.

**Anwendbarkeit:** Airlessspritzen wird in der Automobilindustrie verwendet. Es wird allgemein in der Möbelindustrie verwendet und zur Lackierung von großformatigen Objekten wie Flugzeugen, Schiffen oder schweren Maschinen. Bei Schienenfahrzeugen kann der Basislack mit Airlessspritzen aufgetragen werden. Bei Schiffen werden gewöhnlich fast alle Schichten mit Airlessspritzen aufgetragen. Es ist billig, schnell und gut bekannt, da es seit vielen Jahren benutzt wird. Auch die Trockenfilmschichtdicke kann gut eingestellt werden. Es kann für 1K-Lacke und 2K-Lacke verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten einschließlich der Spritzpistolen, einer Pumpe und anderer notwendiger Ausrüstungsteile liegen im Bereich von 3600 – 7800 €. Zusätzliche Kosten entstehen für das Training des Bedieners.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [27, InfoMil, 2003] [76, TWG, 2004]

### 20.7.3.12 Luftunterstütztes Airlessspritzen (Airmixspritzen)

**Beschreibung:** Es treten die selben Bedingungen wie beim Airlessspritzen auf, wie in Abschnitt 20.7.3.11 beschrieben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Auftragswirkungsgrad für die Airmixtechnik beträgt rund 35 - 70 %.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Das Airmixspritzen arbeitet gewöhnlich besser als das Airlessspritzen. Bei gutem Training des Bedieners kann dieselbe Leistung erreicht werden wie beim konventionellen Spritzen, insbesondere beim Primerauftrag.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird insbesondere für das Lackieren von Oberflächen großer Teile verwendet. Es wird allgemein bei der Holz- und Möbellackierung angewendet. Das Airmixspritzen wird immer üblicher beim Lackieren von Yachten.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten einschließlich der Spritzpistolen, einer Pumpe und anderer notwendiger Ausrüstungsteile liegen im Bereich von 2600 – 5200 € (siehe Referenzliteratur unten). Zusätzliche Kosten entstehen für das Training des Bedieners.

In einem speziellen Fall waren die Einführungskosten bei Anwendung der Technik 2900 €, während die Einsparungen durch den Verbrauch an Lack 3100 € pro Monat betrugen. In diesem besonderen Fall betrug die Amortisationszeit weniger als einen Monat.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Siehe Betriebsdaten.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.13 $CO_2$ –Zerstäubung - das Unicarb-System

**Beschreibung:** Bei diesem Prozess werden die organischen Verbindungen durch $CO_2$ ersetzt, das dem hochviskosen Lackmaterial zugesetzt wird. Das Lack/$CO_2$-Gemisch wird bei Temperaturen von 40 - 70 °C und mit einem Druck von ungefähr 100 bar verarbeitet. Die Zerstäubung erfolgt mit einem Airlessspritzauftrag. Durch die schnelle Verdunstung des $CO_2$ kann ein glockenförmiger Spritzstrahl mit einer geringeren Geschwindigkeit der Lackpartikel im Vergleich zum regulären Airlessspritzen benutzt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erste Betriebserfahrungen aus verschiedenen Branchen, insbesondere den USA, zeigen erhebliche Verminderungen des Lackmaterialverbrauchs und der VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zum Aufheizen benötigt. Erderwärmungseffekt des freigesetzten $CO_2$, obgleich die Menge nicht bedeutend sein dürfte.

**Betriebsdaten:** Erste praktische Erfahrungen für verschiedene Sektoren wurden hauptsächlich in den USA gemacht.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in verschiedenen Sektoren. Die $CO_2$-Zerstäubung kann nicht mit Epoxidharzen gemacht werden, da $CO_2$ als Härtungsmittel reagiert.

Der Untergrund sollte hitzebeständig sein, da das Lack/CO2-Gemisch bei Temperaturen von 40 – 70 °C verarbeitet wird. Diese Temperatur ist manchmal zu hoch für Holz (Verfärbungsrisiko).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Sicherheits- und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.7.3.14 Elektrostatische Zerstäubungsverfahren

**Beschreibung:** Bei diesem Verfahren erfolgt die Zerstäubung des Lackmaterials durch ein elektrischen Feld. Der Lackmaterialtransport zum Werkstück erfolgt mit dem gleichen elektrischen Feld, das die Zerstäubung bewirkt.

Es gibt drei unterschiedliche Optionen:

- Der Sprühspalt, der für Teile ohne Vertiefungen geeignet ist. Der maximale Lackdurchsatz beträgt 2 – 3 ml/min. Die Farbwechselzeit ist hoch (rund 30 Minuten). Der Auftragswirkungsgrad beträgt bis zu 99 % je nach Werkstückgeometrie und Verarbeitungsparameter
- Die Sprühglocke, die für Kleinteile und Rohrkonstruktionen mit geringen Vertiefungen geeignet ist. Je nach Glockengröße sind Lackdurchsätze bis zu 250 ml/min möglich. Farbwechsel sind innerhalb weniger Minuten möglich. Der Auftragswirkungsgrad ist ebenfalls sehr hoch (bis zu etwa 95 % je nach Verarbeitungsbedingungen und Werkstückgeometrie).
- Die Sprühscheibe, die ebenfalls für Rohrkonstruktionen und Kleinteile mit Vertiefungen geeignet ist. Ein maximaler Lackdurchsatz von bis zu 800 ml/min ist möglich, je nach Scheibengröße. Die Farbwechselzeit und der Lackauftragswirkungsgrad sind ähnlich wie bei der Sprühglocke.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig von den Werkstücken und den Verarbeitungsbedingungen beträgt der Wirkungsgrad von 95 % bis zu 100 %. Verglichen mit konventionellem Spritzen, werden weniger Rückstände gebildet und die Spritzkabinen sind weniger verschmutzt, so dass weniger Reinigungsmittel benötigt werden. Die Lackierzeit ist ebenfalls reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Energieverbrauch.

**Betriebsdaten:** Bei Holz muss der Feuchtegehalt des Holzes mindestens 10 % betragen.

**Anwendbarkeit:** Allgemein muss bei der Anwendung von elektrisch unterstützten Spritzaufträgen der Untergrund elektrisch leitend sein, es ist also nicht möglich, vorhandene Schichten überzulackieren (z.B. bei der Schiffsreparatur und –wartung). Das begrenzt die Lacke und Untergründe, die mit diesem Verfahren verwendet werden können. Eventuell muss man ein Additiv für den Ladungstransport verwenden. Es können keine wasserbasierten Materialien mit diesem Verfahren verarbeitet werden. Deshalb werden Verfahren mit elektrostatischer Zerstäubung nur für spezielle Anwendungen benutzt. Der Vorteil dieser Anlagen ist deren große Zuverlässigkeit und hohe Effektivität. Der Effekt eines ‘Faradayschen Käfigs’ macht es für Lackpartikel unmöglich, in Löcher/ Hohlräume zu gelangen. Es können Probleme wie Kraterbildung/Orangenschaleneffekt und schlechte Oberfläche auftreten.

Automatischer elektrostatisch unterstützter Spritzauftrag wird allgemein beim Lackieren von Autos, LKWs und Nutzfahrzeugen angewendet.

Bei der Holz- und Möbellackierung wird das elektrostatische Spritzen manchmal für Stühle und Fensterrahmen verwendet. Es wird gewöhnlich mit anderen Spritzverfahren, wie dem pneumatischen, dem Airless- oder luftunterstützten Spritzen, kombiniert.

Diese Technik wird nicht zum Lackieren von Schiffen und Schienenfahrzeugen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine elektrostatische Anlage zum Spritzen flüssiger Lacke einschließlich der Spritzpistole, eines 8-Liter-Behälters und zusätzlicher Ausrüstungsteilen kostet 5100 – 7800 €.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

### 20.7.3.15 Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken

**Beschreibung:** Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken zerstäuben das Lackmaterial mechanisch. Deshalb sind die elektrischen Eigenschaften des Lackmaterials nicht relevant. Verglichen mit der elektrostatischen Zerstäubung, zeigt dieses Verfahren eine höhere Flexibilität bezüglich des Lackmaterials und des Materialdurchsatzes.

Lackdurchsätze von bis zu 1000 ml/min können erreicht werden. Ein Farbwechsel kann innerhalb weniger Sekunden erfolgen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minimieren des Materialverbrauches und von Abfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Die Aufladung kann extern oder intern erfolgen, die interne Aufladung ist teurer, führt aber zu einer höheren Übertragungsrate. Wenn Wasserlacke verwendet werden, muss der Lack nicht elektrostatisch aufgeladen werden bevor er die Glocke verlässt (externe Aufladung). Bei Speziallacken (z.B. Metallic-Lacke) kann eine Veränderung der Farbe und der Oberflächengüte der Lackschicht auftreten.

Abhängig vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen kann ein Auftragswirkungsgrad von bis zu 95 % erreicht werden. In der Automobilindustrie können Wirkungsgrade von bis zu 70 % erreicht werden, wenn intern ladende elektrostatische Verfahren benutzt werden. Im Vergleich mit konventionellem Spritzen fallen weniger Rückstände an, und die Spritzkabinen sind weniger verschmutzt, so dass weniger Reinigungsmittel benötigt werden. Die Lackierzeit ist ebenfalls geringer.

**Anwendbarkeit:** Es können Wasserlacke verarbeitet werden. Das Verfahren ist für eine automatische oder manuelle Beschichtung geeignet.

Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsglocken sind weitverbreitet in der Automobilindustrie und zunehmend für Fahrzeugzubehörteile (bei Zulieferern der Autoindustrie).

In der Flugzeuglackierung wird der elektrostatisch unterstützte Spritzauftrag allgemein angewendet.

Beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen wird der elektrostatisch unterstützte Spritzauftrag allgemein angewendet.

Diese Technik wird nicht zum Lackieren von Schiffen und Schienenfahrzeugen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Intern ladende Verfahren kosten typischerweise zwischen 250.000 und 1.600.000 €, abhängig von der Größe und dem Grad der Automatisierung.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Renault, France.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.16 Elektrostatisch unterstützte Hochrotationsscheiben

**Beschreibung:** Elektrostatisch unterstütztee Hochrotationsscheiben zerstäuben das Lackmaterial mechanisch, vergleichbar den Hochrotationsglocken, beschrieben im Abschnitt 20.7.3.15.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abhängig vom Werkstück und den Verarbeitungsbedingungen können Wirkungsgrade von bis zu 95 % erreicht werden. Verglichen mit konventionellem Spritzen, wird weniger Overspray erzeugt und die Spritzkabinen sind weniger verschmutzt, so dass weniger Reinigungsmittel benötigt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Typische Anwendungen sind das Lackieren von Profilen und Fahrradrahmen. Das Verfahren ist für fast alle Lackmaterialien einschließlich wasserbasierter Lacke geeignet. Das Verfahren ist für automatischen oder für Handauftrag geeignet.

Wegen des Materialdurchsatzes von bis zu 1500 ml/min und eines Auftragswirkungsgrades von 95 % kommt das Verfahren für alle industriellen Lackanwendungen in Frage.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Die Lackierzeit ist verkürzt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002]

### 20.7.3.17 Elektrostatisch unterstütztes Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren

**Beschreibung:** Bei den elektrostatisch unterstützte Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren wird das Lackmaterial genauso wie beim konventionellen Druckluftspritzen zerstäubt, außer beim Airless-Verfahren. Da erfolgt die Zerstäubung über den hydrostatischen Druck auf das Material. Zusätzliche werden die Lackpartikel elektrostatisch aufgeladen, das passiert aber nicht bei der Verarbeitung wasserbasierter Farben. Abhängig von den Verarbeitungsbedingungen kann der Materialdurchsatz bei Druckluft bis zu 1000 ml/min betragen. Bei Airless- oder Airmixverfahren kann der Materialdurchsatz bis zu 3000 ml/min betragen.

Elektrostatisches Spritzen von Pulverlacken wird in Abschnitt 20.7.3.18 behandelt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Auftragswirkungsgrad beträgt rund 85 %. Beim Lackieren von Möbeln und Holz ist ein Wirkungsgrad im Bereich von 50 - 70 % erreichbar. Im Vergleich mit konventionellem Spritzen fallen weniger Overspray an und die Spritzkabinen sind weniger verschmutzt, so dass weniger Reinigungsmittel benötigt werden. Die Lackierzeit ist ebenfalls geringer.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** In Bezug auf die eingesetzten Versorgungsanlagen (nur eine Pumpe oder eine Pumpe für jede Farbe) variiert die Zeit, die man für Farbwechsel benötigt.

Es können auch komplizierte Geometrien mit Vertiefungen mit Druckluftverfahren lackiert werden.

**Anwendbarkeit:** Alle elektrostatischen Verfahren können für wasserbasierte und konventionelle Lacke verwendet werden. Die Verfahren können vollautomatisch oder handbetrieben ausgeführt werden. Beim Lackieren von Möbeln und Holz werden Airless- oder Airmixverfahren hauptsächlich bei hohem Materialverbrauch oder bei großem Oberflächendurchsatz verwendet, z.B. zur automatischen Lackierung von Möbeln (Werkstücke mit Vertiefungen), automatisches Lackieren von Fensterrahmen oder manuelles Lackieren von großen Werkstücken.

In der Automobilindustrie werden Drucklufttechniken nur für einige Anwendungen entweder manuell oder mittels Robotern aufgetragen, z.B. zum Lackieren des Fahrzeuginnenraumes.

Beim Lackieren von Flugzeugen werden elektrostatische Spritzverfahren allgemein angewendet.

Beim Lackieren von Schienenfahrzeugen können Airless-Spritzverfahren für den Auftrag der Grundierung verwendet werden, es wurden aber keine Informationen zum elektrostatischen Spritzen von Schienenfahrzeugen übermittelt.

Beim Lackieren von Kunststoffteilen werden elektrostatische Spritzverfahren allgemein angewendet.

Diese Technik wir nicht allgemein verwendet zum Lackieren von Schiffen, da unter freiem Himmel zu viel Luftbewegung herrscht und in anderen schlecht belüfteten Bereichen kann ein Explosionsrisiko bestehen. Es wird aber in einigen Häfen in den Niederlanden verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Siehe Anwendbarkeit oben.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.7.3.18 Auftrag von Pulverlacken – elektrostatisches Spritzen

**Beschreibung:** Die Pulverpartikel sind elektrisch geladen und werden auf die Oberfläche des Werkstückes mit Druckluft gespritzt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es werden Auftragswirkungsgrade im Bereich von 80 – 95 % erzielt.

Spritzkabinen und Auftragswerkzeuge können mit Vakuum gereinigt werden oder durch Abblasen mit Druckluft. Auf diese Art werden Ressourcen eingespart und Lösemittelemissionen verhindert.

**Medienübergreifende Effekte:** Druckluft geht mit Energieverbrauch einher.

**Betriebsdaten:** Es muss die elektrische Leitfähigkeit berücksichtigt werden.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet.

Wird in einer kleinen Anzahl von Bandblechbeschichtungslinien verwendet, hat aber starke Einschränkungen bezüglich Geschwindigkeit und Schichtdicke, siehe Abschnitt14.4.3.3. Beim Lackieren von Möbeln und Holz wird das elektrostatische Spritzen allgemein verwendet, sofern Pulverlacke eingesetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 20.7.3.19 Auftrag von Pulverlacken – Pulversintern

**Beschreibung:** Zum Sintern von Pulverlacken werden die Werkstücke über die Schmelztemperatur des Pulverlacks aufgeheizt, bevor der Lack aufgetragen wird. In dem Moment, wo das Pulver mit der Oberfläche in Berührung kommt, finden Sinterung und Vernetzung statt. Verschiedene Verfahren, die dieses Prinzips verwenden, stehen zur Verfügung, wie z.B. die Beschichtung im wirbelschichtbett.

**Erreichte Umwelteffekte:** Hoher Wirkungsgrad des verwendeten Materials.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhter Energieverbrauch.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet.

In der Entwicklung befindet sich eine Variante des Verfahrens für die Bandblechbeschichtung, diese verwendet einen festen Block an verbrauchsfertigem Lackmaterial, der über das aufgeheizte Metallband ‘gewischt’ wird. Dieses neue Verfahren ist nicht allgemein anwendbar siehe Abschnitt 14.4.3.3.

Der Untergrund sollte hitzebeständig sein, da das Werkstück aufgeheizt werden muss. Diese Temperatur ist in einigen Fällen zu hoch für Holz. Es besteht das Risiko von Verfärbungen und/oder Verbrennen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.7.4 Techniken zur Behandlung von Overspray [17]

#### 20.7.4.1 Spritzkabinen mit Nassauswaschung

**Beschreibung:** Overspray in einer Spritzkabine, in der Oberflächen mit Lackmaterial spritzlackiert werden, kann durch Anwendung eines Wasservorhangs gebunden werden. Die Wasser-Lack-Mischung wird aufgefangen und in einem Vorratsbehälter unterhalb der Spritzkabine behandelt. Zur Abwasserbehandlung siehe Abschnitt 20.12. Bild 20.2 zeigt das Schema einer Abwasserbehandlung, wie sie in einer Spritzkabine mit Nassabscheidung zur Anwendung kommt.

[17] Anm. der Übersetzerin: ‚manage’ hier als Behandlung bezeichnet, im Sinne von Abscheidung bzw. Rückgewinnung

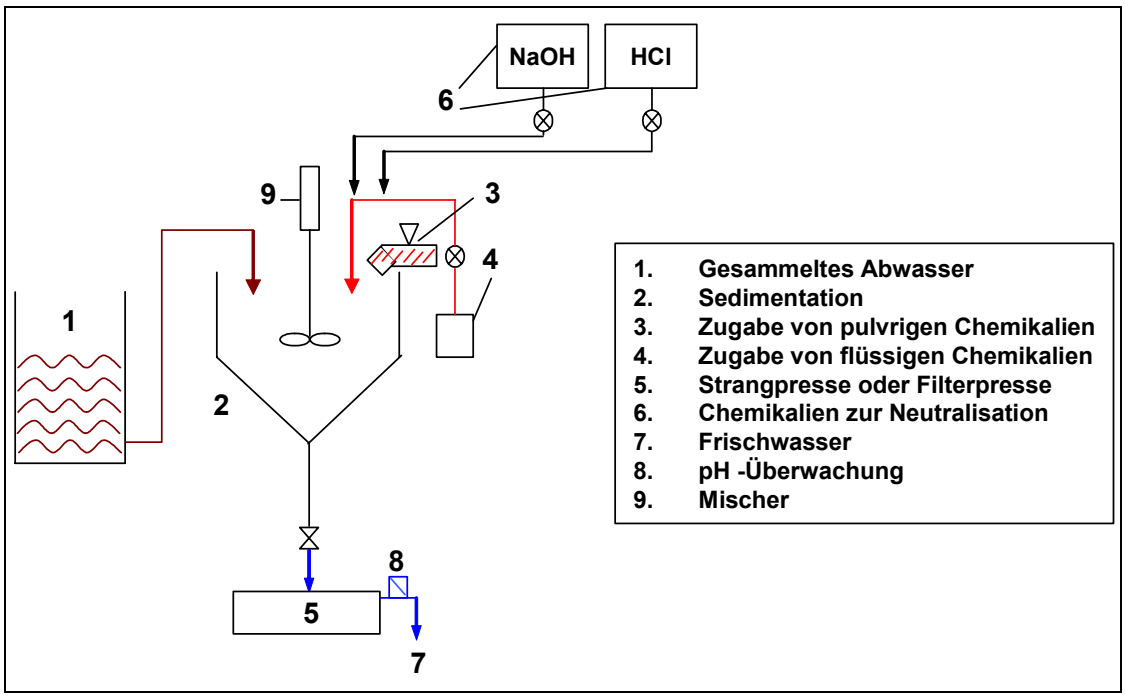


**Bild 20.2: Schema einer Abwasserbehandlung in einer Spritzkabine mit Nassabscheidung [63, Vito, 2003] mit Referenz auf Kluthe Benelux BV**

**Erreichte Umwelteffekte:** Entfernung von TPM (total particulate material – Gesamtpartikelmenge). Wirkungsgrade von 98 - 99 % können erreicht werden. Manchmal kann der Lack wiederverwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Es tritt Restabwasser auf, das oftmals wiederverwendet werden kann, und verunreinigter Schlamm, der entsorgt werden muss.

**Betriebsdaten:** Abwasser wird normalerweise durch Anwendung von Flockung und Koagulation gereinigt. Das Wasser wird über Kaskaden oder durch Lufteindüsung im Kreis geführt.

**Anwendbarkeit:** Nassabscheide-Spritzkabinen werden für wasser- und lösemittelbasierte Lacke verwendet. Sie sind allgemeine Praxis beim:

- Lackieren von Holz und Möbeln
- in der Automobilindustrie
- beim Lackieren von Flugzeugteilen
- beim Lackieren von Schienenfahrzeugen
- beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die geschätzten Kosten für eine Anlage mit einer Kapazität zur Aufnahme von 2 – 5 $m^3/h$ Abwasser und einer Grundfläche von rund 4 $m^2$ kostet ungefähr 20.000 € oder 1 bis 2 € pro $Nm^3$. Diese Größe der Anlage ist für alle großen Spritzzonen mit mehreren Wasservorhängen geeignet.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

### 20.7.4.2 Lack-in-Lack-Spritzkabine

**Beschreibung:** Overspray wird bei diesem Lackspritzverfahren teilweise auf einer Auffangwand aus Teflon gesammelt. Die Temperatur der Auffangwand beträgt nur einige Grad Celsius, deshalb bildet sich eine Kondensatschicht auf der Wand. Der auf der Auffangwand gesammelte Lack fließt wegen der Schwerkraft in einen Vorratsbehälter oder auf ein Förderband. Der gesammelte Lack wird wiederverwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Typischerweise können 33 - 50 % des Overspray wiederverwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Bei lösemittelbasierten Farben ist der Lösemittelverbrauch erhöht.

**Betriebsdaten:** Es gibt unterschiedliche Bauarten, auch als Teil einer integrierten Spritzzone oder –linie. Die Reinigung der Auffangwand nach einem Farbwechsel dauert ungefähr fünf Minuten.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren ist für 1K-Lacke, mit lösemittelhaltigen oder wasserbasierten Lacken anwendbar. Es kann bei der automatischen Spritzlackierung oder bei manueller Beschichtung angewendet werden. Es ist aber weniger geeignet für Kleinserien mit häufigen Farbwechseln oder für Lacke mit kurzer Lagerbeständigkeit.

Es wird manchmal beim Lackieren von Holz und Möbeln angewendet, ist aber nicht weitverbreitet wegen häufig notwendiger Farbwechsel.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Energiekosten für das Kühlen der Abschirmung betragen ungefähr 1000 € pro Jahr. Einsparungen, einschließlich der Reduzierung von Rohstoffen, werden erzielt, da Lack wiederverwendet wird und weniger Abfalllack entsorgt werden muss.

Das Verfahren ist wirtschaftlich für Firmen, die 15 t oder mehr an Lack pro Jahr verwenden. Die berichteten Amortisationszeiten aus sechs Fallstudien liegen im Bereich von 1,5 bis 5 Jahren.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Es werden sechs Fallstudien in der ersten Referenz angegeben (siehe Referenzliteratur unten).

**Referenzliteratur:** [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

### 20.7.4.3 Wasser-Emulsions-Verfahren

**Beschreibung:** Emulsionsverfahren für Lackoverspray können zur Beseitigung von Kabinenwasser und Lackschlammabfällen verwendet werden. Lackoverspray wird in einer Emulsion aufkonzentriert und aus der Anlage entfernt. Das Lackmaterial kann theoretisch wiederverwendet werden, wird es in der Praxis aber nicht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese Verfahren beseitigt das Kabinenwasser zu 100 % und die Lackschlammmenge zu 95 %. Bei einer Partikelabtrennung von mehr als 99 % wird ein Reststaubgehalt von <3 mg/m$^3$ im Abluftstrom erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren findet bei wasserbasierten als auch 1-Komponeten lösemittelbasierten Lacken Anwendungen, die in der Spritzkabine aufgetragen werden, und wird in manchen Anlagen der Automobilindustrie angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Kosteneinsparungen werden durch Wassereinsparungen (die Wasser-Emulsion wird in der Spritzkabine rezirkuliert) und weniger Reinigungen erreicht. Eine Anlage kostet typischerweise 1 Million €.

**Gründe für die Einführung:** Verringerter Reinigungsaufwand.

**Beispielbetriebe:** Ford, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004]

#### 20.7.4.4 Spritzkabinen mit gekühlten Spritzwänden

**Beschreibung:** Kalte Platten werden für das Recycling von Overspray verwendet. In der Spritzkabine schlägt sich Overspray auf kalten Metallplatten nieder, läuft in ein Sammelsystem und wird dem Auftragsverfahren wieder zugeführt.

**Erreichte Umwelteffekte**: Üblicherweise kann das meiste des Oversprays wiederverwendet werden. Der Materialverbrauch verringert sich.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird benutzt zum Lackieren von wasserbasierten Lacken.

**Wirtschaftlichkeit:** Das Preisniveau einer dieser Spritzkabinen liegt zwischen 25.000 und 60.000 € bei einer Luftmenge von 5.000 bis 10.000 $m^3$/h.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Airtech, Denmark.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

### 20.7.5 Wasserbehandlungstechniken zur Minderung von Abwasser und Abfall und zur Behandlung von Abwasser

Der Hauptzweck der beschriebenen Maßnahmen im folgenden Abschnitt ist die Verhinderung von Materialverlusten und Emissionen in das Wasser, die Verringerung des Wasserverbrauchs und daraus folgend die Verringerung von notwendiger Abwasserbehandlung. Dafür werden gut bekannte Betriebsanlagen zur Phasen- oder Materialtrennung angewendet. Die meisten dieser Techniken sind mit allen Details im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen beschrieben (STM BREF) [59, EIPPCB, 2005].

#### 20.7.5.1 Mehrfach- (Kaskaden-) Spülung

**Beschreibung:** Den Prozessschritten Entfettung, Phosphatieren und Elektrobeschichtung folgt jeweils das Spülen zur Entfernung von anhaftendem Überschussmaterial auf dem Werkstück. Zur Minimierung des Wasserverbrauchs werden Spülkaskaden mit mehr als einem Spültank verwendet. Der Wasserstrom von Tank zu Tank ist in der Richtung dem Materialstrom entgegengesetzt. Die aufeinander folgenden Verdünnungsschritte verbessern das Spülen und Mindern die notwendige Wassermenge zum Erreichen der erforderlichen Verdünnung der Verunreinigungen auf der Oberfläche. Mehr Informationen und Optionen für das Mehrfachspülen sind im STM BREF beschrieben.

Verschleppungsmaterial aus dem ersten Tank kann zurück in das Prozessbad geleitet werden. Das kann unterstützt werden durch Konzentrationsverfahren, wie in Abschnitt 20.4 beschrieben. Weitere Verfahren sind im BVT-Merkblatt STM beschrieben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eingespartes Material wird in den Prozesstank zurückgeführt. Es gibt signifikante Minderungen des Frischwasserverbrauchs und beim Abwasseranfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Kann zu höheren Konzentrationen von Schadstoffen im Abwasser führen.

**Betriebsdaten:** Notwendig zur Verhinderung von Qualitätsproblemen bei Lackierprozessen.

**Anwendbarkeit:** Kaskadenanlagen werden allgemein für Vorbehandlungsprozesse eingesetzt, z.B. in der Automobilindustrie, bei der Bandblechbeschichtung (siehe Abschnitt 14.4.1.2) und beim Lackieren von Land- und Baumaschinen.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringere Kosten für Frischwasser und Abwasserbehandlung.

**Gründe für die Einführung:** Qualität, Kostenreduktion und gesetzliche Anforderungen in einigen Mitgliedsstaaten.

**Beispielbetriebe**: Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004] [58, ECCA, 2004]

### 20.7.5.2 Verwenden von Ionenaustauschern

**Beschreibung:** Ein Ionenaustauscher dient zur Badpflege und zur Wassereinsparung bei Phosphatier- und Passivierungsschritten, siehe Bild 20.3. Hier wird der Ionenaustauscher zur Entfernung von Metallionen, die aus dem Phosphatierbecken in das erste Spülbad ausgeschleppt wurden, verwendet.

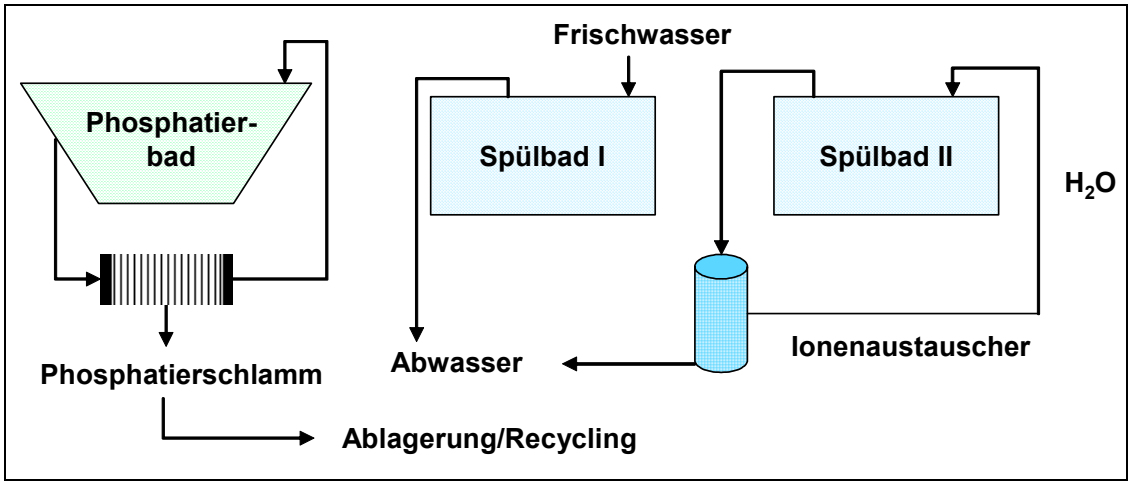


**Bild 20.3: Schematische Darstellung einer Phosphatieranlage mit Ionenaustauscher [13, DFIU und IFARE, 2002]**

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung des Wasserverbrauchs in der Spülkaskade. Kleinere aber höher konzentrierte Menge an Abfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Verbrauch an Rohstoffen und Energie zur Regenerierung des Ionenaustauschers. Aus der Regeneration fallen Abfälle an.

**Betriebsdaten:** Es besteht ein zunehmender technischer Wartungsaufwand und möglicherweise eine Beeinträchtigung der sicheren Betriebsweise aufgrund von Verunreinigungen mit Bakterien, wenn dieser Service nicht von Experten ausgeführt wird, und es kann eine mechanische Abnutzung der Partikel (Anm. des Übersetzers: des Ionenaustauschers) auftreten.

**Anwendbarkeit:** Wird allgemein in der Automobilindustrie und beim Lackieren von Land- und Baumaschinen angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparung von Frischwasser und Abwasserbehandlung.

**Gründe für die Einführung:** Qualität des Spülens und des Produktionsverfahrens, Kostenreduzierung und gesetzliche Anforderungen in einigen Mitgliedsstaaten.

**Beispielbetriebe:** VW Wolfsburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002, 76, TWG, 2004]

### 20.7.5.3 Membranfiltration

**Beschreibung:** Verschiedene Arten von Membranfiltrationsverfahren werden bei der wässrigen Vorbehandlung angewendet, z.B.

- Regeneration des Entfettungsbades durch Entfernung von Öl mittels Ultrafiltration
- Neutralisationsmittel werden während des Elektrobeschichtens durch eine diffuse Anionen-Austauscher-Membran abgegeben in die Lösung eines Anolytkreislaufs
- Ultrafiltration wird zur Abtrennung von festen Lackteilen der Elektrolackierung, die ins Spülwasser ausgetragen wurden, verwendet, diese werden zurück ins Tauchbad geleitet, siehe Mehrfachspülen, Abschnitt 20.7.5.1.

Weitere Details sind im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen angegeben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Rückhaltung des Rohstoffs. Minderung des Wasserverbrauchs. Die Abwassermenge wird reduziert, und die Verunreinigungen sind höher konzentriert.

**Medienübergreifende Effekte:** Anfall von Abfall, und der Abwasserstrom muss behandelt werden.

**Betriebsdaten**: Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Verfahren sind allgemein in der Automobilindustrie verbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringere Kosten für Frischwasser und Abwasserbehandlung.

**Gründe für die Einführung:** Qualität des Spülens und des Produktionsverfahrens, Kostenminderung und Erfüllung gesetzlicher Anforderungen in einigen Mitgliedsstaaten.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

### 20.7.5.4 Badentschlammung

**Beschreibung:** Durch Spritzentfettung und Entfettungsbäder für Autokarossen beim Karosseriebau werden Partikel in das Reinigungsbad eingetragen. Nach einiger Zeit ist der Boden des Reinigungsbades mit Schlamm bedeckt. Diese Rückstände werden manuell entfernt, nachdem die Flüssigkeit zeitweilig in einen Reservetank gepumpt wurde (Zwischentank). Derselbe Vorgang wird periodische mit Eisenphosphatschlamm gemacht, der beim Phosphatierungsprozess anfällt.

Diese und andere Wartungstechniken sind im BVT-Merkblatt für Oberflächenbehandlung von Metallen beschrieben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wir eine Materialeinsparung durch Verlängerung der Betriebszeit der Vorbehandlungsbäder erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Anfall von Abfall.

**Betriebsdaten:** Die Entschlammungshäufigkeit hängt stark von anderen Wartungsvorgängen ab. Normalerweise werden Entfettungsbäder alle zwei bis sechs Monate gereinigt und Phophatierbäder monatlich bis jährlich.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird in der Automobilindustrie allgemein angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparungen beim Herstellen von frischen Lösungen.

**Gründe für die Einführung:** Qualität der Vorbehandlung. Verlängerung der Badstandzeit. Reduzierung des Materialverbrauchs. Kosteneinsparungen durch weniger Materialeinkauf und Abwasserbehandlung.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

#### 20.7.5.5 Filtern der Prozesslösung

**Beschreibung:** Partikel werden kontinuierlich aus dem Prozessbad durch Filtration entfernt. Dazu werden Sandfilter oder gewebte Stofffilter verwendet.

Diese und andere Wartungstechniken sind im BVT-Merkblatt für Oberflächenbehandlung von Metallen beschrieben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Materialeinsparung wird durch Verlängerung der Standzeit der Vorbehandlungsbäder erreicht. Minderung von Nacharbeiten.

**Medienübergreifende Effekte:** Anfall von Abfall (Filtrat und Filtern).

**Betriebsdaten:** Notwendig zur Verhinderung von Qualitätsproblemen bei Lackierverfahren.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird allgemein in der Automobilindustrie angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Einsparungen beim Herstellen von frischen Lösungen und weniger Nacharbeiten wegen zurückgewiesener Produkte.

**Gründe für die Einführung:** Qualität.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004].

#### 20.7.5.6 Kontinuierlicher Austrag von Lackschlamm

In Spritzkabinen mit Nassabscheidung kann die Verwendungszeit des Wassers durch kontinuierlichen Lackschlammaustrag auf bis zu einem Jahr erhöht werden.
[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 20.7.5.7 Dekantierverfahren

Dekantierverfahren in Spritzkabinen mit Nassabscheidung erhöhen die Betriebszeit des Wassers. Dieses Verfahren wird allgemein angewendet:

- in der Automobilindustrie
- beim Lackieren von LKWs und Nutzfahrzeugen
- beim Lackieren von Schienenfahrzeugen.

[13, DFIU und IFARE, 2002]

#### 20.7.5.8 Koagulation von Lackpartikeln mit flüssigen Reinigungsmitteln

**Beschreibung:** Bei der Spritzlackierung entsteht ein Überschussspray (Overspray), der in industriellen Lackieranlagen oder Spritzkabinen mit Nasswäschern aufgefangen wird. Das Wasser zur Reinigung der Abluft zirkuliert in einem geschlossenen System. Der aufgefangene Overspray oder Farbschlamm muss aus dem Wasser entfernt werden, um die erforderlichen Prozessbedingungen beizubehalten.

Overspray aus lösemittelbasierten Lacken bildet normalerweise keine Dispersion in Wasser. Es formt eine schwimmende Koagulationsschicht, die einfach zu entfernen ist. Werden gegen das Zusammenkleben Adsorbentien verwendet, wird der Overspray in der Reinigungslösung verteilt. Es kann in einem Bypass/Nebenstrom oder im Hauptstrom entfernt werden. Die Klärung des Wassers erfolgt mittels Fällungs- und/oder Flockungsmitteln.

Dagegen bestehen wasserbasierte Lacke zu einem großen Teil aus Komponenten, die eine Suspension mit Wasser bilden. Es werden die gleichen Abscheidemethoden verwendet wie bei lösemittelbasierten Lacken.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung des Wasserverbrauchs im Kreislaufsystem.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Koagulat muss aus dem Wasserkreislauf entfernt und beseitigt werden.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird allgemein in der Automobilindustrie angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringere Kosten für Frischwasser und Abwasserbehandlung.

**Gründe für die Einführung:** Zur Entfernung von Lackpartikeln aus der Abluft ist der Betrieb eines Nasswäschers notwendig. Die kontinuierliche Koagulation ist die beste Methode eine lange Standzeit des Wasserkreislaufs aufrecht zu erhalten.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

## 20.8 Trocknen und/oder Härten

Trocknen ist einer der am meisten Energie verbrauchenden Prozesse. Trocknen wird verwendet beim:

- Trocknen von Lack
- Trocknen von Druckfarbe
- Trocknen von Klebstoffen
- Trocknen von Haftwasser oder anderen Flüssigkeiten nach Vorbehandlungen oder aus der Spülzone
- Gelieren und Verfestigung von Klebstoffen oder Unterbodenschutzstoffen
- Vorbehandlung von Werkstücken (gegen kalte Oberflächen oder eingeschlossene Luft bei der Holzlackierung).

## 20.8.1 Verdampfungsprozesse

### 20.8.1.1 Konventionelles Trocknen durch Konvektion (Heißluft)

**Beschreibung:** Beheizte Luft zirkuliert im Trockner oder Ofen zum Transport der Hitze zum Werkstück. Die Luft ist in direktem Kontakt mit dem Objekt oder der Oberfläche, die getrocknet werden soll. Die Trockenzeit hängt vom Objekt oder dem Untergrund (Substrat), der Art der Beschichtung und der Schichtdicke ab, sie variiert zwischen wenigen Sekunden und einer ganzen Stunde.

Zum Trocknen von wasserbasierten Lacken oder bei einem Vortrocknungsschritt bei Lack-in-Lack-Arbeitsweise wird entfeuchtete Luft in Konvektionstrocknern mit einem zusätzlichen Entfeuchtungsschritt verwendet. Durch die Aufnahme von Wasser kann die Trockenzeit erheblich reduziert werden.

Die Trockner gibt es in den Bauarten: flache Linientrockner, Düsentrockner, Korbtrockner/tray systems oder als Trockenturm.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Trockenzeit und Trockentemperatur beeinflussen die Oberflächenqualität. Bei nassen Schichten besteht das Risiko von Staubeinschlüssen. Die Trockenzeiten können lang sein und der Energiebedarf hoch. Es ist aber ein hoher Grad an Automatisierung möglich, und es besteht eine große Flexibilität beim Einsetzen von Trocknungsverfahren.

Durch die gleichmäßige Hitze im Konvektionstrockner ist das Risiko der Überhitzung gering auch wenn mal ein kurzer Stillstand des Förderbandes auftritt.

Zur Verringerung der Trockenzeit und Minderung des Energieverbrauches kann Trocknen mit Umluft mit Infrarotstrahlungshärten kombiniert werden (Thermoreaktor). Diese Kombination wird bei der Holz- und Möbellackierung angewendet, es wurde aber berichtet, dass es nicht allgemeine Praxis in der EU-25 ist.

**Anwendbarkeit:** Bei Trocknern für durchlaufende, kontinuierliche Substrate, wie z.B. Papierbahnen oder Kunststofffolien, oder einem kontinuierlichen Durchlauf von kleinen Objekten wie Getränkedosen, wird die Trockenzeit in Sekunden gemessen und die Länge des Trockners in Zentimetern. Nicht die Temperatur, sondern der Luftstrom ist von größter Bedeutung. Energie kann durch Rezirkulieren der Luft eingespart werden, das ist aber begrenzt, wegen des Explosions- und brandschutzes und um Gerüche im Endprodukt zu verhindern. Trockner werden beheizt durch Flammen, Dampf, Thermoöl oder elektrisch.

Anwendbar bei allen heiß-trocknenden Lacken oder Druckmaterialien, lösemittelhaltig oder lösemittelfrei. Es gibt keine Einschränkungen bezüglich Schichtdicke oder Pigmentierung. Die Geometrie des zu beschichtenden Untergrundes ist nicht von Bedeutung, er sollte aber hitzebeständig sein.

Konvektionstrockner können zum Trocknen von Schichten wasserbasierter Lacke, für Vortrocknungsschritte oder Lack-in-Lack-Schichtaufbauten verwendet werden. Sie werden allgemein zum Beschichten von Kunststoffstoßfängern, bei Bandblechbeschichtungsverfahren, beim Lackieren von Holz und Möbeln, bei der Herstellung von Klebebändern und in der Automobilindustrie angewendet.

Konvektionstrockner werden allgemein bei der Herstellung von Schleifmitteln verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Trocknungskosten können sich auf 15 - 20 % der Gesamtenergiekosten einer Lackierlinie der Automobilindustrie belaufen.

Ein 10-Minuten-Konvektionstrockner, wie er in der Holz- und Möbelindustrie angewendet wird, mit einer installierten elektrischen Leistung von 30 kW und einem Luftausstoß von 1500 $m^3$/h kostete im Jahre 2000 60.000 €. Die elektrische Steuerung und die Transporteinheit sind dabei nicht eingeschlossen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.8.1.2 Inertgas-Konvektionstrockner

**Beschreibung:** Das Inertgas wird mit Gas oder Dampf über Wärmetauscher oder mit Öl als Brennstoff aufgeheizt. Durch Verwenden von Inertgas statt normaler Luft sind Lösemittelbeladungen von >1200 g/m$^3$ Stickstoff möglich.

**Erreichte Umwelteffekte:** Inertgas kann viel mehr Lösemittel als normale Luft aufnehmen. Bei einem Inertgasverfahren zirkulieren z.B. 2000 m$^3$ Gasvolumen zur Lösemittelaufnahme von 400 kg/h. Trocknen mit Luft würde 10-mal mehr Volumen benötigen, um 40 % des Wertes der UEG zu erreichen.

Es wird Energie eingespart, und ein Abgasbehandlungssystem kann für eine kleinere Kapazität ausgelegt werden im Vergleich zu normaler Luft. Die Entflammbarkeit ist reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wo Inertgas zum Trocknen verwendet wird, kann Kondensation als Verfahren zur Lösemittelrückgewinnung angewendet werden (siehe Abschnitt20.11.5).

**Anwendbarkeit:** Anwendbar bei neuen und bestehenden Betrieben und Anlagen. Nachrüstung kann aber schwierig sein.

Diese Technik wird allgemein angewendet als Vortrocknungsschritt bei der Herstellung von Klebebändern.

Diese Technik ist nicht anwendbar bei Trocknern, die regelmäßig geöffnet werden müssen. Öffnen des Trockners erfordert Spülen, d.h. Ersatz der Luft durch Inertgas[18]. Das ist teuer und zeitaufwendig. Das ist der Grund, warum es nicht in Industriezweigen verwendet wird, in denen ein Wechsel des Arbeitsauftrages zum Tagesgeschäft gehört, wie bei allen Druckprozessen, z.B. beim Flexoverpackungsdruck.

Es wird auch bei der Herstellung von Schleifmitteln, bei der Bandblechbeschichtung, in der Automobilindustrie oder beim Lackieren von Holz oder Möbeln angewendet

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.8.1.3 Induktionstrocknen

**Beschreibung:** Elektromagnetische Spulen, dicht am lackierten Werkstück platziert, induzieren Wirbelströme im Metall, die so schwingen, dass eine Wärmefrequenz von mehreren hundert Grad pro Sekunde erzeugt werden kann.

**Erreichte Umwelteffekte:** Elektrisches Heizen ist sehr gut steuerbar und effizient, ohne dass lokale Emissionen entstehen.

[18] Anm. Der Überstzering: Beim Öffnen muss das vorhandenen Spülgas durch Luft ersetzt werden. (also umgekehrt)

**Medienübergreifende Effekte:** Der Ersatz von Gas durch Elektrizität und daraus folgende Verschiebung der Emissionen zum Kraftwerk.

**Betriebsdaten:** In bestehenden Anlagen/Situationen muss die Abgasbehandlungsanlage neu konzipiert werden, da die Aufheizzeiten viel kürzer sind im Vergleich zu herkömmlichen Trocknern.

**Anwendbarkeit:** Diese Technologie kann routinemäßig zum Tempern und Glühen von Metall verwendet werden, ist aber auch zum Blitztrocknen von Lacken anwendbar. Anwendbar, wenn das Substrat oder Objekt, welches getrocknet werden soll, elektrisch leitfähig ist. Könnte einsetzbar sein als Ersatz oder Ergänzung in bestehenden gasgefeuerten Öfen. Der möglicherweise sehr hohe Elektrizitätsbedarf kann die Anwendbarkeit einschränken.

Beim Bedrucken von Metallverpackungen ist sie anwendbar für alle heiß-trocknenden Lacke oder Druckmaterialien und auf ferromagnetischen Untergründen. Die Schichtbildung benötigt aber eine Feineinstellung bei unterschiedlichen Aufheizraten. Es kann Einschränkungen geben bezüglich der erreichbaren Schichtdicke bei sehr schnellen Heizraten.

Induktion wird hauptsächlich für Spezialanwendungen,wie das Härten von Bauteilverklebungen (Klebstoffe) in der Automobilindustrie, verwendet. Verwendet in einigen Bandbeschichtungslinien.

Da man einen Metalluntergrund benötigt, wird es nicht beim Drucken, der Herstellung von Schleifmitteln, der Herstellung von Klebebändern oder dem Lackieren von Holz oder Möbeln verwendet. Es wird auch nicht in der Wickeldrahtherstellung angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Nur wirtschaftlich einsetzbar in neuen Anlagen, oder wenn ein Ofen ersetzt werden muss.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

#### 20.8.1.4 Trocknung mit Strahlen (Mikrowelle und HF)

**Beschreibung:** In diesem Prozess wird die nasse Lackschicht mit elektromagnetischen Mikrowellen aufgeheizt. Die beiden zur Verfügung stehenden Techniken sind die Mikrowellentrocknung und die Hochfrequenztrocknung (HF). Aufgrund der Wirkungen der elektromagnetischen Wellen oszillieren die Dipole, und dadurch wird die elektromagnetische Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Auf diese Art verdampft das enthaltene Wasser sehr schnell und muss entfernt werden.

HF-Trockner bestehen aus einem Hochfrequenzgenerator, der Transmissionseinheit, den Kollektorelektroden und einer entsprechenden Ablüftzone zur Entfernung des verdampften Wassers. Alternativ wird die nasse Lackschicht mit elektromagnetischen Mikrowellen aufgeheizt. Das Verdampfen und Trocknen erfolgt vom Inneren der Lackschicht heraus zur Außenseite. Die Aufheizung ist homogen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Elektromagnetische Trockner sind ausschließlich für wasserbasierte Lacke und Druckfarben geeignet und nicht auf metallischen Untergründen anwendbar.

HF-Trockner werden allgemein zur Herstellung von Schleifmitteln, aber nicht bei der Herstellung von Klebebändern oder in der Wickeldrahtherstellung verwendet.

Mikrowellentrocknung wird angewendet bei der Lackierung von Holz, für Werkstücke vor dem Zusammenbau und für Stücke mit kleinen Abmaßen, weil große Objekte einen großen Mikrowellenofen mit höheren Energiekosten benötigen. Deshalb ist die Anwendung in der Praxis zweifelhaft. Es wird nicht bei der Herstellung von Schleifmitteln und Klebebändern angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Ein Zwei-Minuten-Mikrowellentrockner, benutzt bei der Lackierung in der Holz- und Möbelindustrie, mit einer installierten elektrischen Leistung von 60 kW und einem Luftausstoß von 1500 $m^3$/h kostete 75.000 € im Jahr 2000. Die elektrische Steuerung und die Transporteinheit sind dabei nicht eingeschlossen.

Ein Zwei-Minuten-HF-Trockner, benutzt bei der Lackierung in der Holz- und Möbelindustrie, mit einer installierten elektrischen Leistung von 120 kW und einem Luftausstoß von 1500 $m^3$/h kostete 150.000 € im Jahr 2000. Die elektrische Steuerung und die Transporteinheit sind dabei nicht eingeschlossen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.8.2 Strahlungshärtende Prozesse

**Beschreibung:** Strahlungshärten basiert auf der Verwendung von Harzen und einem Reaktivverdünner (Monomer), die bei Einwirkung, z.B. von UV-Licht oder hochenergetischen Elektronenstrahlen (ES), gemeinsam reagieren. Die Harze sind im Allgemeinen Polyester, Polyurethane oder Epoxide mit Acrylat- oder Methacrylat-Funktionsgruppe. Es können aber auch andere Reaktionen zur Schichtbildung zur Anwendung kommen. Die Rezeptur ist flüssig aber lösemittelfrei, das Härten kann sehr schnell erfolgen – in nur ein paar Sekunden, allgemein bei Umgebungs- oder nur leicht erhöhter Temperatur.

Abschnitte 20.8.2.1, 20.8.2.2, 20.8.2.3 und 20.8.2.4 beschreiben verschiedene Arten von strahlungshärtenden Verfahren im Detail.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine vollständige Abschaffung der Lösemittelanwendung bei Lackierverfahren. Normalerweise gibt es keine bedeutenden Emissionen während des Härtens, und die gehärteten Schichten enthalten keine flüchtigen Komponenten mehr. Zur verbesserten Energieeffizienz kommt ein minimaler Gasverbrauch hinzu, da Hochtemperaturöfen und Abgasverbrennung nicht mehr benötigt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Es ist wahrscheinlich möglich, dass geringe Mengen an VOC-Emissionen entstehen, da reaktive organische Monomere in den Rezepturen verwendet werden.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Strahlungshärtende Lacke sind mittlerweile gut etabliert in der Holzbeschichtung/-Lackierung in der Druckindustrie für das Lackieren von flachen Stücken und Bahnen, sie sind bisher aber noch nicht erfolgreich eingesetzt bei der Lackierung von Metallen. Die Bandblechbeschichtung stellt sehr große Anforderungen an das Beschichtungssystem, insbesondere bezüglich Anhaftung, Flexibilität und Beständigkeit. Es gab erhebliche Entwicklungsanstrengungen bei Bandbeschichtern und Zulieferern, um diese Anforderungen zu erfüllen. Aber bisher gibt es noch keine vollständig erfolgreiche Anwendung bei strahlungsgehärteten Bandblechen, siehe Abschnitt 22.14.2.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Eliminierung von Lösemitteln, Energieeffizienz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006].

#### 20.8.2.1 Infrarot (IR)-Strahlungshärten

**Beschreibung:** Bei der Infrarot-Strahlungshärtung wird das Werkstück mittels Absorption infraroter Strahlung aufgeheizt. Der Trocknungsprozess beginnt von innen zur Oberfläche. Die Intensität der infraroten Strahlung hängt von der Wellenlänge und damit von der Temperatur des Heizgeräts ab. Die Absorption der Strahlen hängt von der Oberflächenrauhigkeit, der Farbe oder Helligkeit und der chemischen Zusammensetzung ab.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringerer Energiebedarf im Vergleich zur Anwendung von Trocknern mit Umluft.

**Medienübergreifende Effekte:** Wegen der Strahlungswärme des Trockners verdampfen die Lösemittel wie bei einem konventionellen Heizprozess.

**Betriebsdaten:** Es ist eine Schnellheiztechnik (1 – 5 Sekunden im Falle eines Mediums im Infrarotnahbereich (NIR) oder langwelligen Bereich, IR kann aber längere Zeit benötigen) und, wenn die Temperatur des Untergrundes während des Härtens des Lackes niedrig ist, braucht es nur eine kurze Abkühlzeit. Die Lösemittelzusammensetzung muss an die Strahlungsenergie angepaßt werden.

Es besteht ein Risiko der Bildung von Schattierungen an Kanten und in Ecken.

In Abhängigkeit von der verwendeten Wellenlänge gibt es verschiedene Strahler. Durchlaufanlagen oder programmgesteuerte Anlagen werden in Abhängigkeit der Trocken-bedingungen und Oberflächenqualitätsanforderungen angewendet.

**Anwendbarkeit:** Es gibt keine Begrenzungen bei der Schichtdicke außer, wenn sehr schnelle Aushärtezeiten notwendig sind (z.B. wenn das Substrat sehr schnell bewegt wird wie bei der Bandbeschichtung).

Die Geometrie des lackierten oder bedruckten Untergrundes spielt keine Rolle. Es sollte aber hitzebeständig sein. In einigen Fällen kann die Temperatur für Holz zu hoch sein, es besteht das Risiko der Verfärbung oder Verbrennung.

Infrarot-Härten wird in einer kleinen Anzahl von Bandbeschichtungslinien angewendet. In bestehenden Bandbeschichtungen müsste eine Neukonzipierung der Abgasbehandlungsanlage erfolgen, da die Heizzeiten viel kürzer sind im Vergleich zu konventionellen Trocknern.

Die Technik wird allgemein in der Automobilindustrie zur Vortrocknung des Decklacks, der in Lack-in-Lack-Technik aufgetragen wird, eingesetzt. Es wird auch zunehmend bei der Herstellung von Klebebändern eingesetzt.

Es wird nicht eingesetzt bei der Herstellung von Schleifmitteln.

In der Druckindustrie wird es aufgrund verbesserter Druckfarben nicht mehr eingesetzt. Die Nachteile der Verwendung des IR-Härtens liegen in der Wärmeerzeugung im Stapel der gedruckten Blätter und der Verblockung (d.h., das gedruckte Bild reproduziert sich selbst auf der Rückseite des darüberliegenden Blattes).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten sind relativ gering, die Nachrüstung existierender Trockner kann aber teuer sein. In der Bandblechbeschichtungsindustrie ist diese Technik nur wirtschaftlich bei neuen Anlagen, oder wenn ein Ofen ersetzt werden muss.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Opel Eisenach GmbH, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.8.2.2 Infrarotnahes Strahlungshärten (NIR)

**Beschreibung:** NIR- Strahler arbeiten bei sehr hohen Temperaturen, erzeugen Infrarotstrahlung sehr kurzer Wellenlänge bei sehr hoher Energiedichte. Die Absorption einer spezifischen Wellenlänge durch den Lack und kurze Verweilzeiten können die Aufheizung des Substrates reduzieren.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Hoher Bedarf an elektrischer Leistung. NIR benötigt eine zuverlässige Starkstromversorgung.

**Betriebsdaten:** Die NIR-Technik erreicht beim Lackieren von Holz die kürzesten Trocknungszeiten und Taktzeiten.

**Anwendbarkeit:** Wegen der sehr kurzen Aushärtezeiten (1 – 5 Sekunden) ist diese Technik sehr geeignet für hitzeempfindliche Materialien wie Holz oder Kunststoff. Pulverlacke als auch wasserbasierte Lacke auf Holz werden allgemein unter Anwendung von NIR-Strahlung gehärtet.

Man beginnt, das NIR-Härten für das Schnellhärten von dünnen Schichten auf Bandblechen und für Pulverbeschichtungen zu verwenden. Die Ausweitung auf allgemeine Prozesslinien wird von den weiteren Erprobungen abhängen.

Es wird nicht angewendet bei der Herstellung von Schleifmitteln, bei der Herstellung von Klebebändern, in der Wickeldrahtherstellung oder in der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Kürzere, kompaktere Öfen, hohe Geschwindigkeit, steuerbare Leistung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.8.2.3 Ultraviolett- (UV) Härten

**Beschreibung:** Beim UV-Härten wird die elektrische Entladung in Gasen als Strahlungsquelle verwendet. Am häufigsten werden zu diesem Zweck Quecksilberdampflampen verwendet. Die Strahlung löst die chemische Vernetzung innerhalb des Lacks oder der Druckschicht aus. UV-Härten erfordert das Vorhandensein eines Photoinitiators.

**Erreichte Umwelteffekte:** Der Energieverbrauch ist gering. UV-härtende Systeme verwenden weniger oder keine Lösemittel.

**Medienübergreifende Effekte:** Es treten Ozonemissionen auf. Ozon wird gewöhnlich abgesaugt und zu einem Ozonzerstörer mit Katalysator oder einer thermischen Nachverbrennung zugeleitet. Es werden Quecksilberdampflampen verwendet, diese enthalten kleine Mengen Quecksilber und können in geeigneten Abfallbehandlungsanlagen entsorgt werden.

**Betriebsdaten:** Holz- oder Kunststoffuntergründe können vergilben oder spröde werden. Diese Technik benötigt nur wenig Standfläche, und das Härten erfolgt innerhalb weniger Sekunden (Hochgeschwindigkeit).

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in allen neuen und bestehenden Anlagen.

Anwendbar mit ungesättigten Polyestern, Polyacrylaten, Epoxidharzen usw. Insbesondere anwendbar für Klarlacke und Lasuren auch bei großen Schichtdicken. Bei pigmentierten Lacken ist UV-Härtung nur bei geringen Schichtdicken anwendbar. Auch UV-härtende Druckfarben werden mit UV-Härtung getrocknet.

Der beschichtete oder bedruckte Untergrund sollte beständig gegenüber UV-Härtung sein und bevorzugterweise eben oder zweidimensional. Das Härten von Pulver-beschichteten dreidimensionalen Holz- oder Kunststoffteilen ist komplizierter, es stehen aber leistungsstarke Trocknungsanlagen zu Verfügung.

UV-Trocknung ist weitverbreitet bei Papier- oder Pappeuntergründen. Zum Beispiel wird es zum Trocken von lackierten Möbeln verwendet, wo flache Platten einzeln lackiert werden können und das Lackieren vor dem Zusammenbau der Teile zum Möbel erfolgt. Es wird auch zunehmend zur Herstellung von Klebebändern verwendet.

In der Bandblechbeschichtung ist dieses Verfahren gegenwärtig in der Bewertung/Evaluation (siehe auch Abschnitt 22.14.2).

Es wird nicht verwendet bei der Herstellung von Schleifmitteln und in der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Verglichen mit konventionellen Trocknern können die Energiekosten um 70 % reduziert werden. Im Vergleich zu einem konventionellen gasgefeuerten Ofen (einschließlich Ventilator) für wasserbasierte Lacke sind die Energiekosten um 40 – 50 % reduziert. Beim Drucken kann der Energieverbrauch so hoch wie beim konventionellen Trocknen sein. Der Energieverbrauch ist um 50 % reduziert, wenn man Blitzhärtungsverfahren verwendet, wenn die Lampe nur arbeitet, solange das jeweilige Substrat tatsächlich unter der Lampe ist. Das hat wirtschaftliche Vorteile, z.B. wenn keine Bahnen gedruckt werden.

Mit UV-härtenden Verfahren sind drei- bis vierfach höhere Druckgeschwindigkeiten erreichbar.

Eine allgemein verwendete UV-Härteanlage mit einer Breite von 25 cm kostet rund 6600 € (Verwendung ist nur wahrscheinlich zum Drucken von Etiketten, eine Einzelaktivität, die außerhalb des Umfangs/Scopes dieses Dokumentes liegt). Der Trend geht zu rückläufigen Preisen. Die Betriebskosten einer Anlage mit 12 Lampen von jeweils 5,6 kW kostet 5 €/ Stunde an Energie (Flandern, 2003). Eine UV-Härteanlage von 25 cm Breite ist aber nicht allgemein repräsentativ für andere Druckprozesse.

Zum Beispiel: Eine kompakte (1-Mann)-UV-Lack-Auftragsanlage einschließlich einer UV-Härtezone zur Anwendung in der Holz- und Möbelindustrie kostete ungefähr 40.000 € im Jahre 2000.

Man hat finanzielle Vorteile durch die schnellere Härte-/Trockenzeit und es wird eine schnellere Produktionsgeschwindigkeit erreicht.

Die Amortisationszeit wird auf zwei bis drei Jahre geschätzt. Dabei wurde berücksichtigt, dass zum Auftrag des UV-härtenden Lacksystems weniger Arbeitszeit benötigt wird.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 20.8.2.4 Elektronenstrahl(ES)-Härten

**Beschreibung:** ES-Härten wird durch einen Elektronenstrahl ausgelöst, der aus einer heißen Kathodenröhre emittiert wird. Die Polymerisation, und damit die Härtung des Lacks, wird durch die Wirkung des Elektrons auf das Monomer ausgelöst. Es ist ein hoher Grad an Automatisierung möglich. Die auf eine hohe Geschwindigkeit beschleunigten Elektronen durchdringen die Lacksubstanz und Härten in sehr kurzer Zeit.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Strahlung setzt die Arbeiter einem Risiko aus. Die Arbeiter müssen vom Elektronenstrahl durch Bleiplatten oder Betonplatten abgeschirmt werden.

**Betriebsdaten:** Es besteht das Risiko der Verfärbung und, dass der Untergrund spröde wird.

Es wird nur eine sehr kleine Stellfläche benötigt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar für ungesättigte Polyester, Polyacrylate, Polyurethane, Epoxidharze usw.. Es gibt keine Begrenzung bei der Schichtdicke oder Pigmentierung.

Alle Geometrien sind geeignet bei Substraten, die durchlässig für Elektronenstrahlen sind (insbesondere Papier, Holz oder Folie), Metalle. Elektronenstrahlen sind begrenzt auf flache Untergründe. Wegen der hohen Investitionskosten werden diese Verfahren gegenwärtig nur bei großen Oberflächendurchsätzen angewendet.

ES-Härten wird zunehmend zur Herstellung von Klebebändern verwendet.

In der Bandblechbeschichtungsindustrie kann ES-Härten als Technik in Entwicklung angesehen werden.

Es wird nicht angewendet zur Herstellung von Schleifmitteln, beim Bandblechbeschichten oder in der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** ES-Härten hat höhere Investitionskosten als konventionelles Trocknen. Der Energieverbrauch des ES-Härtens kann aber sehr viel geringer sein.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

### 20.8.3 Thermoreaktor (gemeinsame Konvektions-/Strahlungstrocknung)

**Beschreibung:** Ein Thermoreaktor ist ein Strahler/Heizer, der sowohl infrarote Strahlung als auch Konvektionshitze abgibt. Die Infrarotstrahlung wird durch Verbrennung von Erdgas oder Propan erzeugt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geringer Energiebedarf im Vergleich zu Trocknern, die nur Umluft verwenden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Abhängig vom Lacksystem und der Produktionsart liegt die Gesamttrockenzeit im Bereich von 6 bis 10 Minuten.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar mit allen Heatset-Lacken oder –Druckmaterialien, entweder lösemittelhaltig oder lösemittelfrei und mit Pulverlacken. Thermoreaktoren sind geeignet für wasserbasierte Lacksysteme.

Die Geometrie der lackierten oder bedruckten Untergründe ist nicht von Bedeutung, sie sollten aber hitzebeständig sein.

Auch wenn unten einige Kostenangaben gemacht werden, ist nicht bekannt, ob die Technik kommerziell zum Lackieren von Holz verwendet wird. Es besteht das Risiko von Verfärbungen und Verbrennungen des Holzes, wenn die Temperatur zu hoch ist.

Wird nicht verwendet bei der Herstellung von Schleifmitteln, bei der Herstellung von Klebebändern, in der Bandblechbeschichtung oder der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Ein Thermoreaktor mit sechs Minuten Trocknungszeit, angewendet in der Holz- und Möbelindustrie, mit einer installierten elektrischen Leistung von 10 kW und einem Luftausstoß von 2000 $m^3$/h, beheizt mit Erdgas, kostete 95.000 € im Jahre 2000. Elektrische Steuerung und Transportanlagen sind dabei nicht berücksichtigt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

## 20.9 Reinigungsverfahren

[148, TWG, 2006, 154, Tempany, 2006, 160, ESVOCCG, 2006]

### 20.9.1 Allgemeine Grundsätze der Reinigung

**Beschreibung:** Bei der Wahl eines zu verwendenden Reinigungsverfahrens sollten die folgenden Dinge berücksichtigt werden:

1. Art der Reinigung:

- **Anlagenreinigung**. Die Prozessanlage muss bei allen Tätigkeiten gereinigt werden. Dabei gibt es zwei Arten:
  - Reinigung während des Betriebs oder Zwischenreinigung. Es ist notwendig das Auftragssystem in regelmäßigen Abständen zu reinigen, z.B.
    - bei einem Farbwechsel oder aus Qualitätsgründen, z.B. beim Spritzen von Autos nach fünf bis zehn Autos und bei jedem Farbwechsel
    - Reinigung der Spritzkabinen notwendig in regelmäßigen Abständen
    - zwischen den Druckaufträgen
  - Wartung, periodische oder Tiefenreinigung. Es ist notwendig aus der Beschichtungsanlage regelmäßig und gründlich angesammelte Rückstände zu entfernen und Teile der Anlage zu reinigen, die schwieriger schnell zu reinigen sind. Das erfordert normalerweise ein Auseinanderbauen.

  Welches Verfahren benutzt wird, hängt davon ab, ob die Anlage in-situ gereinigt werden kann oder komplett in ihre Teile zerlegt werden muss
- **Substrat- oder Werkstückreinigung**. Bei einigen Arbeiten, wie dem Lackieren und Klarlackauftrag, ist es besonders wichtig, vorher das Substrat oder Werkstück zu reinigen, um Fette, Schmutz usw. zu entfernen. Bei einigen Arbeiten, wie dem Drucken, ist das nicht notwendig.

2. Arten der Verunreinigung:

- In der Prozessanlage:
  - Nicht-beständige Verunreinigungen. Die Verunreinigung ist frisch, z.B. noch nicht eingetrocknet, es ist noch etwas vom Originallösemittel enthalten oder die Lackreaktion ist noch nicht vollständig. Diese Art Verunreinigung ist einfach zu entfernen, z.B. von Hand (siehe Abschnitt 20.9.3), mit dem Original- oder vergleichbaren Lösemittel, das im Lack ist, mit wenig flüchtigen Lösemitteln (abhängig von der nötigen Trocknung der Komponenten siehe Abschnitte 20.10.1.1 bis 20.10.1.4), in Waschmaschinen (siehe Abschnitt20.9.10) usw..
  - Beständige Verunreinigungen. Die können aus getrockneten lösemittelhaltigen Produkten, UV- oder anderen Strahlen-gehärteten Produkten, wasserbasierten oder reaktiven (2-Komponenten-) Produkten usw. stammen. Reinigen von Hand mit Lösemitteln ist nicht effektiv. Die Teile können wie folgt gereinigt werden:
    - in einer Waschmaschine (wiederholt wenn notwendig), (siehe Abschnitt 20.9.10)
    - mit starken wenig-flüchtigen Lösemitteln (siehe Abschnitt 20.9.6)
    - Hochdruckwasserstrahl nach der Verwendung von starken Lösemitteln oder mit zugesetztem Schleifmittel (siehe Abschnitt 20.9.12)
    - Ultraschallreinigung (siehe Abschnitt 20.9.13)
    - Trockeneis-Strahlen (siehe Abschnitt 20.9.14
- bei Substraten und Werkstücken hängt die Verunreinigung von den vorhergehenden Prozessen ab, sie kann Korrosion aus der Lagerung, Öle aus Druckmaschinen, Schmutz und

Grat vom Schneiden, Formen und Schleifen, Fingerabdrücke von der Bearbeitung usw. einschließen. Dies und die Möglichkeiten ihrer Reinigung werden im BVT-Merkblatt für Oberflächenbehandlung von Metallen behandelt. In dieser Branche werden die Teile gewöhnlich von Hand mit Tüchern oder Lappen (siehe Abschnitt 20.9.9) oder mit wässrigen Waschlösungen bei großen Materialdurchsätzen (siehe Abschnitt 20.9.8) gereinigt. Für kleinere Komponenten können Lösemittel in Waschmaschinen verwendet werden (siehe Abschnitt 20.9.10). Ultraschall- und Trockeneis-Verfahren können auch verwendet werden (siehe Abschnitte 20.9.13 und 20.9.14).

3. Wahl des Verfahrens und/oder des Lösemittels. Das gewählte Verfahren und/oder die Lösemittel sollten:

- in der Lage sein, die geforderte Sauberkeit des Prozesses zu erreichen
- verträglich sein für die zu reinigenden Teile (sowohl für Untergrund, Werkstück als auch die Anlagenteile)
- verträglich mit dem Prozess und der Oberflächenbehandlung sein. Beim Drucken von flexiblen Verpackungen zum Beispiel muss die Anlage frei von allen Lösemitteln sein, bevor neue Druckfarbe zugeführt wird. Bei anderen Arbeiten kann das Reinigungsverfahren prozessverträglich sein, und es ist keine Trocknung notwendig.
- die Lösemittelemissionen reduzieren und/oder die Bildung von troposphärischem Ozon minimieren (siehe Abschnitt 20.10.2)
- die zur Verfügung stehende Zeit berücksichtigen. In einigen Fällen ist die Zeit zur Reinigung begrenzt, in anderen Fällen kann man Reinigungen, die mehr Zeit benötigen, verwenden.

Bei einigen Prozessen sind der Auseinanderbau der Anlage und eine gewisse Handreinigung bei der Reinigung zur Wartung unabdingbar. Für Reinigungsarbeiten können automatische Anlagen verwendet werden.

Es gibt Überlappungen zwischen den beschriebenen Verfahren in diesem Kapitel mit Verfahren, die im Kapitel 20.10 (Substitution) diskutiert wurden. Die hier diskutierten Faktoren sind in Tabelle 20.6 zusammengefasst, mit den möglichen Verfahren aus den beiden Kapiteln. Die Techniken können auch kombiniert und/oder wiederholt werden, um die notwendige Reinheit zu erreichen.

| **Reinigungsverfahren/-technik** | | **Prozessanlage** | | **Substrat oder Werkstück** |
|---|---|---|---|---|
| **Abschnitt** | **Technik** | **Nicht-persistente Verunreinigung** | **Persistente Verunreinigung** | |
| 20.9.2 | Minimieren der Reinigung | ja | ja | ja |
| 20.9.3 | Vorbereitung vor einer lösemittelhaltigen oder anderen Reinigung | ja | | |
| 20.9.4 | konventionelle Reinigung mit Lösemitteln | ja | ja | |
| 20.9.5 | Reinigung mit Lösemitteln mit niedrigerer Verdampfungsgeschwindigkeit | ja | | |
| 20.9.6 | Reinigung mit starken Lösemitteln | | ja | |
| 20.9.7 | Reinigen mit Lösemitteln mit niedrigem Ozonbildungspotential (OFP) | ja | ja | ja |
| 20.9.8 | Wässrige Reinigung | ja | ja | ja |
| 20.9.9 | Reinigung von Hand | ja | | ja |
| 20.9.10 | Waschmaschinen, die Lösemittel verwenden | ja | ja | |
| 20.9.11 | Reinigen mit Lösemittelrückgewinnung | ja | | |
| 20.9.12 | Reinigen mit Hochdruckwasserstrahl | | ja | |
| 20.9.13 | Ultraschallreinigung | | ja | ja |
| 20.9.14 | Trockeneis- ($CO_2$) Reinigung | | ja | ja |

**Tabelle 20.6: Beispiele für die Anwendung von Reinigungsverfahren und –optionen**

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Wahl des richtigen Reinigungsverfahrens kann die Lösemittelemissionen und/oder die Bildung von troposphärischem Ozon mindern.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Wechsel von herkömmlichen Verfahren kann zu höherem Energieverbrauch, Abwasser und mehr Abfall und deren Behandlung führen.

**Betriebsdaten:** Siehe Beschreibung oben und einzelne Technikbeschreibungen in den Abschnitten 20.9.2 bis 20.9.12. Werden andere Techniken speziell in bestimmten Branchen angewendet, sind diese in den Branchenspezifischen Abschnitten diskutiert.

**Anwendbarkeit:** Siehe Beschreibung oben und einzelne Techniken in den Abschnitten 20.9.2 bis 20.9.12 sowie Techniken im Abschnitt 20.10. Anwendungen von Reinigungstechniken in einzelnen Branchen werden ebenfalls in den branchenspezifischen Abschnitten diskutiert.

**Wirtschaftlichkeit:** Anlagen- und Verfahrens-spezifisch.

**Gründe für die Einführung:** Schutz der Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Qualitäts- und Kundenanforderungen.

**Beispielbetriebe:** Reinigungen werden in allen Anlagen durchgeführt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999, 154, Tempany, 2006]

### 20.9.2 Minimieren der Reinigung

**Beschreibung:** Die folgenden Techniken tragen zur Minimierung der Reinigung bei:

- saubere Arbeitspraktiken
- Überwachung von Leckagen und Verschüttungen (siehe Abschnitt 20.2.1)
  - regelmäßige Inspektion der Arbeits- und Lagerbereiche
  - ‚Verschüttungs-Pläne', um sofort auf Verschüttungen aller Größen reagieren zu können
  - umgehende Wartung, zum Stoppen von Materialleckagen
- Verhindern von Korrosion und Verschmutzung beim Lagern und Bearbeiten des Materials wie Metallwerkstücken (diskutiert in Verbindung mit wässrigen Behandlungen im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen STM BREF).

**Erreichte Umwelteffekte:** Minimieren des verwendeten Reinigungsmaterials, besonders der Lösemittel.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** In allen Anlagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kosten.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit: Reduzieren der unnötigen Belastung durch Roh- und Reinigungsmaterial, Minderung des Risikos auszurutschen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [63, Vito, 2003]

### 20.9.3 Vorbereitungen zur lösemittelbasierten oder anderen Reinigung

**Beschreibung:** Wenn man soviel wie möglich vom Beschichtungsmaterial, Lack oder der Druckfarbe in konzentrierter Form von der Anlage entfernt, reduziert man die Materialmenge, die mit Lösemitteln und/oder Wasser entfernt werden muss. Man kann Rohstoff-sparende Techniken verwenden, wie sie in Abschnitt 20.6.3 beschreiben sind.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduziert die Lösemittelverwendung, Reinigungsmaterial und Wasser, das eventuell vor der Ableitung behandelt werden müsste. Kann Rohstoffe einsparen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Kann Stillstandszeiten erhöhen. Kann den Kontakt des Personals mit gefährlichen Substanzen erhöhen.

**Anwendbarkeit:** Gesundheits- und Arbeitsschutzgründe können die Verwendung der Technik einschränken.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kosten; Stillstandszeiten können aber erhöht sein.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [13, DFIU und IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

### 20.9.4 Konventionelle lösemittelbasierte Reinigung

**Beschreibung:** Die Reinigung mit Lösemitteln kann bei Raumtemperatur oder mit Erwärmung ausgeführt werden.

Die Reinigung bei Raumtemperatur kann von Hand ausgeführt werden (mit einem Lappen/Lumpen, einer Bürste, Düse oder Zapfstelle) mit gering-toxischen Lösemitteln, in offenen Bädern oder in geschlossenen Anlagen.

Zur Reinigung mit heißen Lösemitteln werden geschlossene oder halbgeschlossene Behälter (z.B. siehe Abschnitte 20.9.7 und 20.9.8) verwendet. Das Entflammbarkeitsrisiko muss dabei entsprechend kontrolliert werden, indem man ausreichend unterhalb des Flammpunktes oder in Inertgasatmosphäre arbeitet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Verbrauch von Lösemitteln, Emissionen an VOCs und Lösemittel-/Lackabfälle.

**Betriebsdaten:** Reinigungsprozesse mit organischen Lösemitteln stehen für 20 % der gesamten VOC-Emissionen aus Lackieranlagen. 80 % der Lösemittelemissionen aus Reinigungsprozessen können durch Verwendung geschlossener Anlagen zur Reinigung der Spritzpistolen und Aufträger/Applikatoren gemindert werden. Das Verfahren kostet 150 – 3.000 €.

In einigen Fällen können die Lösemittel durch wasser-basierte Reinigungsmittel ersetzt werden (siehe Abschnitt 20.9.8).

**Anwendbarkeit:** Reinigungsprozesse sind in jeder Lackiererei notwendig.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Betriebsdaten oben.

**Gründe für die Einführung:** Qualität, Kundenanforderungen.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004].

### 20.9.5 Reinigung mit Lösemitteln mit niedriger Verdampfungsrate

Siehe detaillierte Diskussion in Abschnitt 20.10.1.1 bis 20.10.1.4, wo ein höherer Flammpunkt als Ersatz für eine geringe Verdampfungsgeschwindigkeit verwendet wird (diese Daten stehen eventuell noch nicht zur Verfügung).

### 20.9.6 Reinigung mit stark lösenden Lösemitteln

Siehe detaillierte Diskussion im Abschnitt 20.10.3. Starke Lösemittel mit niedriger Verdampfungsrate können zur Entfernung von hartnäckigen Verunreinigungen verwendet werden.

### 20.9.7 Reinigung mit Lösemitteln mit niedrigem Ozonbildungspotential

Siehe detaillierte Diskussion im Abschnitt 20.10.2. Eine Hauptwirkung der Lösemittelemissionen (Bildung troposphärischen Ozons) kann durch Verwendung von Lösemitteln mit niedrigem Ozonbildungspotential gemindert werden. Das ist eine Option für Lösemittel zur Reinigung, die normalerweise als Einzelkomponente oder in einfacher Mischung verwendet werden. Auch wenn das eventuell nicht relevant ist, wenn die Lösemitteldämpfe einer Behandlung zugeführt werden.

### 20.9.8 Wässrige Reinigung

**Beschreibung:** Komponenten oder Teil-Baugruppen können in Tanks mit wässrigen Reinigungs- oder Entfettungstechniken mit Tensiden/Waschmitteln gereinigt werden. Diese Verfahren werden auch zur Reinigung von Untergründen oder Werkstücken mit wässrigem Behandlungsverfahren verwendet, z.B. siehe Abschnitt 20.7.1.1. Es gibt eine Reihe von verwendeten chemischen Verfahren, die abhängig vom Untergrund und den zu entfernenden Materialien auf der Kombination des Tensids mit anderen Substanzen beruht. Diese und ihre Wartungsmöglichkeiten werden im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen diskutiert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Kann zusätzliche Heizung erfordern. Wahrscheinlich ist eine nachfolgende Behandlung des Abwassers notwendig.

**Betriebsdaten:** Kann längere Zeit zur Reinigung der Komponenten beanspruchen als mit lösemittelbasierten Verfahren.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Siehe Abschnitt 20.10 ‚Gründe für die Einführung'.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet als Vorbehandlung für wässrige Oberflächenbehandlungen.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005]

### 20.9.9 Reinigung von Hand

**Beschreibung:** Die Teile werden in Verfahren mit Lösemitteln oder mit wässrigen Waschlösungen gereinigt. Es wird, abhängig von der Beständigkeit der Verunreinigung, von Hand mit Bürsten, Lappen, Schleifpads, Handwerkzeugen usw. gescheuert und abgekratzt. Das Lösemittel wird mit Lappen oder Bürste aus einem kleinen Behälter (z.B. eine Kanne), Zapfhahn oder Düse (Zapfstelle) oder offenen Bädern aufgetragen. Lappen können vorgetränkt mit Lösemitteln sein (z.B. Abschnitte 14.4.4.2, 16.2.1, und 20.2.2.1).

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Bei konventionellen Lösemitteln siehe Abschnitt 20.9.3.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Einige Reinigungen von Hand sind unvermeidlich, auch wenn die Arbeitsplatz- und Gesundheitssicherheit die Anwendung oft einschränkt.

Lösemittelemissionen können begrenzt werden durch:

- Begrenzen der Menge an Lösemittel (z.B. durch Messen und Begrenzen der Menge in der verwendeten Kanne, verwenden von imprägnierten Tüchern usw.)
- Verarbeiten der flüchtigen Lösemittel von Hand und das ablaufende benutzte Lösemittel sofort in einem geschlossenen Behälter auffangen. Es sollten keine offenen flüssigen Lösemittel in der Werkstatt in der Nähe der zu reinigenden Objekte stehen. Das vermindert auch die Arbeitsplatzbelastung. Es gibt Anlagen, die aus einem geschlossenen mit Lösemittel befüllten Fass bestehen, aus dem dieses über einen Zapfhahn oder eine Spritzschlauch auf das Objekt in einem teil-abgeschlossenen Arbeitsbereich über dem Fass gepumpt wird. Das Überschusslösemittel fließt (durch einen Grobfilter) zurück in das Fass. Das Lösemittel wird von der Oberfläche im Fass gepumpt, damit sich die Verunreinigungen am Boden absetzen können. Das Lösemittel wird recycelt, wenn es nicht mehr länger verwendet werden kann
- Verwenden von Lösemitteln mit geringer Toxizität, die einen hohen Flammpunkt haben, einen hohen Siedepunkt oder ein geringes Ozonbildungspotential (siehe Abschnitt 20.10.2).

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kosten.

**Gründe für die Einführung:** Da, wo automatische Verfahren nicht ausreichend reinigen oder die zu reinigenden Teile beschädigen könnten.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [160, ESVOCCG, 2006]

### 20.9.10 Waschmaschinen mit Lösemittelverwendung

**Beschreibung:** Das sind geschlossene Anlagen, die mit Komponenten im Chargenbetrieb beladen werden. Komponenten können entweder Werkstücke, die lackiert werden sollen, oder Anlagenteile, die während der Wartung gereinigt werden sollen, sein. Die Anlage enthält Lösemittel zur Reinigung durch (i) Tauchen (ii) Spritzen oder (iii) im Dampf mit Lösemitteln mit geringem Siedepunkt, die auf den zu reinigenden Teilen kondensieren. Deshalb lagern sich immer saubere Lösemittel auf den zu reinigenden Teilen ab. Die Lösemittel werden aufgefangen und gesammelt zur Wiederverwendung. Die Lösemittel sind gewöhnlich erwärmt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Reduzierung der Lösemittelemissionen im Vergleich zur nicht geschlossenen Reinigung.

**Medienübergreifende Effekte:** Aus dem Behälter, der die Teile in der Anlage aufnimmt, müssen die Lösemitteldämpfen abgesaugt werden, bevor sein Inhalt herrausgenommen werden kann. Die abgesaugten Dämpfe werden manchmal in die Umgebungsluft entlassen.

Es wird Energie zum Pumpen der Lösemittel benötigt. Bei Verwendung von Adsorptionszylindern[19] wird Aktivkohle benutzt. Die Kohle muss regeneriert oder als Abfall entsorgt werden.

**Betriebsdaten:** Die Lösemitteldämpfe aus der Absaugung können erheblich reduziert werden, durch Zuführung in ein Abgasbehandlungssystem in der Anlage (z.B. siehe Abschnitt 2.4.2.6.3) oder durch Adsorption in einem entsprechenden Aktivkohlebehälter.

**Anwendbarkeit:** Siehe Beschreibung oben.

[19] Anmerkung der Übersetzerin: Im original Absorption, technisch aber eine Adsorption

Einige Fälle von schwierigen Ablagerungen oder hartnäckigen Verunreinigungen benötigen eine Entfernung mit halogenierten Lösemitteln. Diese Lösemittel können in einer vollständig geschlossenen Anlage mit Behandlung der abgesaugten Lösemittel verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Beachte, die EU-Lösemittelrichtlinie setzt spezielle Emissionsgrenzwerte für einige halogenierte Lösemittel.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet verwendet in einigen Industriebranchen.

**Referenzliteratur:** [160, ESVOCCG, 2006]

### 20.9.11 Reinigung mit Lösemittelrückgewinnung

**Beschreibung:** Spüllösemittel werden zur Reinigung der Spritzpistolen/Applikatoren und Linien zwischen den Farbwechseln zur Verhinderung von Verschleppungsverunreinigungen verwendet. Das Reinigungslösemittel wird zur Reinigung der Ausrüstungsteile und der Kabinen verwendet. Die Spül- und Reinigungslösemittel können gesammelt, gelagert und wiederverwendet werden als Ausgangsmaterial oder zerstört werden. Einige moderne Lackieranlagen sind mit einer Rückgewinnungsanlage für die benutzten Reinigungsmittel ausgerüstet.

**Erreichte Umwelteffekte:** 80 - 90 % der Reinigungs- und Spüllösemittel können zur Wiederverwendung zurück gewonnen werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Es wurden Problem mit 2-Komponenten-Klarlacken berichtet, die häufig zur Verblockung der Leitungen des Behälters für zurückgewonnenes Material geführt haben.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren kann bei lösemittelbasierten Lackauftragsverfahren und allen Arbeiten mit Lösemitteln zur Reinigung von Kabinen angewendet werden. Gesammelte Lösemittel können vor dem Wiederverwenden im Prozess behandelt oder aus der Anlage entfernt werden zur Wiederverwendung durch den Orginalzulieferer oder dritte Personen.

**Wirtschaftlichkeit:** In der Automobilindustrie kostet im Jahre 2004 eine typische Lösemittelrückgewinnungsanlage 0,4 Mio. € pro installierter Spritzkabine.

**Gründe für die Einführung:** Lösemittelrecycling und reduzierte VOC-Emissionen.

**Beispielbetriebe:** Standardpraxis in der Automobilindustrie.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

### 20.9.12 Reinigen mit Hochdruckwasserstrahl

**Beschreibung:** Die Reinigung von Maschinenteilen oder Farbrakeln (beim Drucken) wird eher mit Hilfe von Hochdruckwasserstrahl und Natriumbicarbonat oder ähnlichen Reinigungs-systemen ausgeführt als unter Verwendung von organischen Lösemitteln.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung von Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird ein erhöhter Verbrauch an Wasser und höherer Anfall an Abwasser auftreten.

**Betriebsdaten:** Allgemein angewendet.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird zur Tiefen-/Grundreinigung von Zylindern und Aniloxwalzen beim Flexoverpackungsdruck verwendet. Dem Hochdruckwasserstrahl wird Natriumkarbonat/Waschsoda zugefügt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999, 76, TWG, 2004]

### 20.9.13 Ultraschallreinigung

**Beschreibung:** Ein Ultraschallreiniger erzeugt hochfrequente Vibrationen durch eine Flüssigkeit (normalerweise wässrige Reinigungsmittel) mit z.B. einer Frequenz von 20.000 bis 100.000 Schwingungen pro Sekunde. Die Vibrationen erzeugen Mikroblasen in der Flüssigkeit, die dann auf den in die Flüssigkeiten gehaltenen Stücken zerplatzen und dabei die Reinigung ausführen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es werden keine lösemittelhaltigen Reinigungsmittel verwendet und COC-Emissionen ausgeschlossen.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Lärmniveau kann erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Angewendet beim flexiblen Verpackungsdruck für die Tiefenreinigung der Zylinder und Aniloxwalzen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005]

### 20.9.14 Trockeneis- ($CO_2$) Reinigung

**Beschreibung:** Getrockneter Lack oder Druckfarbe kann durch Strahlen mit Trockeneispellets entfernt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelemissionen werden komplett ausgeschlossen.

**Medienübergreifende Effekte:** Strahlen benötigt Energie und erzeugt Lärm (betriebsintern) und Staub von entferntem Lack oder entfernter Druckfarbe.

**Betriebsdaten:** Die Vorbereitung benötigt eine Menge Zeit, da die zu reinigenden Maschinenteile komplett abgeschirmt werden müssen, um andere Teile nicht zu beschädigen.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet bei der Wartung angewendet, wenn die Maschinenteile gewöhnlich auseinandergeabut werden, als für tägliche Reinigungsprozesse.

Diese Technik wird beim Drucken verwendet, um sehr hartnäckige Verunreinigungen auf Teilen der Presse loszuwerden. Es wird alle paar Monate für eine regelmäßige Intensivreinigung beim Illustrationstiefdruck und in Heatset-Anlagen, in denen normalerweise Toluol oder Spezialmixturen von Lösemitteln als Reinigungsmittel benutzt werden, angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten sind vergleichbar mit konventionellen Reinigungsverfahren.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Verwendet beim Illustrationstiefdruck und europaweit in Heatset-Anlagen.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf und EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005]

## 20.10 Substitution: Verwenden weniger gefährlicher Stoffe - allgemeine Grundsätze

**Beschreibung:** Die Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln benutz eine große Auswahl an Chemikalien in einer großen Anzahl von Prozessen. Anhang IV, Punkt 2 der IVU-Richtlinie fordert, dass die Verwendung weniger gefährlicher Chemikalien in Betracht gezogen wird.

Die Verwendung weniger gefährlicher Stoffe (Substitution) kann über einen der drei Wege erreicht werden:

1. Direkter Ersatz eines Stoffes durch einen weniger gefährlichen. Das ist gewöhnlich begrenzt auf einfache Verfahren, wie z.B. den Ersatz von Reinigern mit einem niedrigen Flammpunkt durch welche mit höherem (siehe Abschnitt 20.10.1).
2. Ersatz durch andere Prozesse oder Techniken, die weniger gefährliche Stoffe verwenden. Das wird angewendet, wenn ein direkte Substitution nicht möglich ist. Andere chemische Reaktionen bei der Beschichtung ergeben unterschiedliche Verfahrenseigenschaften, sogar bei gleichen Materialien. Für Beispiele siehe Tabelle 20.7. Das ist der generelle Weg beim Ersatz gefährlicher Stoffe in diesem Sektor, und er wird für die entsprechende Tätigkeit im jeweiligen Branchenkapitel abgehandelt.
3. Veremidung des Oberflächenbehandlungsprozesses in der Anlage und Verwenden z.B. vorlackierter Materialien in der Produktion (z.B. Herstellung weißer Ware oder von Bauplatten). Diese Art der Substitution kann sich als Umweltvorteil erweisen (z.B. in Ökobilanzen) und kann durch den Betreiber berücksichtigt werden, wenn er verschiedene Ziele erreichen möchte, einschließlich der Minderung der VOC-Emissionen. Die IVU-Richtlinie bezieht sich aber auf die Anlage und die ausgeführten Tätigkeiten. Diese Art der Substitution (eigentlich das Einstellen des Prozesses in der Anlage) ist deshalb keine Technik, die bei der Bestimmung von BAT zu berücksichtigen ist und wird deshalb nicht weiter in diesem Referenzdokument diskutiert.

| | |
|---|---|
| **Beschichtungen/Lacke mit geringem Lösemittelgehalt** | High-Solids |
| | 2-Komponenten (chemisch miteinander reagierend) |
| | wasser-basierte |
| | Pulverslurry |
| **lösemittelfreie Beschichtungen/Lacke** | Heißschmelzende Lacke |
| | Pulverbeschichtungen |
| | Pulverpolyester-Beschichtungen |
| | Strahlungsgehärtete Lacke |

**Tabelle 20.7: Beispiele für Lösemittelsubstitutionen, die in Branchen der Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln verwendet werden**

Die Substitution trifft nicht nur auf Lösemittel zur Reinigung der Oberflächen, der Anlagen und Ausrüstungen zu, sondern auch auf andere im Prozess verwendete Komponenten, wie z.B.

Pigmente, Konservierungsstoffe, Binder, oberflächenaktive Substanzen usw. .

Einige Stoffe sind in anderen europäischen und/oder nationalen Regelungen oder Vorschriften geregelt, und die in den Herstellerangaben enthaltenen R-Sätze können als nützlicher Start zur Identifizierung wesentlicher Gesundheits- und Umweltgefahren dienen. Die folgenden Gefahrenattribute gelten für mögliche Substanzen, die in diesem Sektor verwendet werden:

- **schädliche Gesundheitseffekte** (siehe Abschnitt 20.10.4):
  - Substanzen mit den R-Sätzen R45, R46, R49, R60 und R61
  - Substanzen mit den R-Sätzen R40 und R68 können bei einem Ersatz berücksichtigt werden, aber hauptsächlich aus Arbeitsschutzgründen, wenn das Risiko einer Belastung besteht
- **physikalisch-chemische Effekte**: die folgenden R-Sätze werden nicht als Kennzeichnung für die Umweltauswirkung betrachtet (außer, wenn sie unter [134, EC, 2003] fallen): explosiv, oxidierend, extrem entzündlich, hochentzündlich und entzündlich sind
- **Bildung fotochemischer Oxidantien (Ozonbildungspotential, OFP):** siehe Kapitel 1 und Abschnitt 20.10.2
- **Potential zur Zerstörung stratosphärischen Ozons (ODP)** (siehe Abschnitt 20.10.3)
- **Erderwärmungspotential (GWP):** das GWP von Stoffen ist das Maß für einen spezifischen Beitrag zur Erwärmung der Atmosphäre, wenn ein Kilogramm dieser Substanz nach und nach in diese abgegeben wird, im Vergleich zu einem Kilogramm Kohlendioxid, das freigesetzt wird.
- **Ökotoxische Effekte**: diese sind in der Kennzeichnung beschrieben, die den Rohstoffen beigefügt ist, entsprechend der Vermarktungs- und Verwendungs-Richtlinie in der folgenden Fassung [98, EC, 1976]. In diesem Sektor wird die aquatische Toxizität durch den R-Satz R50/53 beschrieben, der der wichtigste bei der Beschreibung des Risikos bei Wasserkontakt ist, dort, wo z.B. lösemittelbasierte Systeme ersetzt werden durch überwiegend wasserbasierte Systeme. Das kann das Zufügen von Bioziden notwendig machen oder der Rohstoff hat eine intrinsische Wassertoxizität, oder es besteht das Risiko von Verschüttungen, siehe Abschnitt 20.3.3
- **Geruch:** viele VOCs haben einen Geruch. Unter bestimmten Umständen können die VOCs zu einem örtlichen Geruchsbelästigungsproblem werden (siehe Abschnitt 20.15). Es gibt keine EU-einheitlichen Maßnahmen für Gerüche, obwohl es Methoden in verschiedenen Mitgliedsstaaten gibt.
- **Materialbeschädigungen:** es können Informationen zur Korrosivität oder anderen VOC-Eigenschaften, die zu einem Materialschaden führen könnten, gefunden werden. Es ist aber unwahrscheinlich, dass solche Schäden auftreten, unabhängig davon, in welcher Entfernung sie von dem Austrittspunkt auftreten, da sie durch Verteilung verdünnt werden. Aus diesem Grunde werden solche VOCs auch nicht als gefährlich angesehen, auch wenn POCP (siehe Abschnitt 20.10.3) zur Ozonbildung beiträgt, was zur Schädigung von bestimmten Materialien durch Ozon führen kann.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der Verwendung gefährlicher Stoffe, z.B. Lösemittel und der Mengen, die in die Umwelt gelangen, entweder geplant (z.B. im Abgas) oder ungeplant (z.B. durch diffuse Emissionen, Lecks, Unfälle beim Umgang usw.).
Es kann weitere Verbesserungen bezüglich der Umweltbelastung geben, Einsparungen an Energie für Prozesse oder Abgasbehandlung, Verwendung von weniger Rohstoffen für den Prozess oder für die Abwasserbehandlung, geringerer Wasserverbrauch, Erzeugung von weniger Abfall und geringeren Belastungen durch Lärm oder Staub usw.

**Medienübergreifende Effekte:** Diese Effekte sind von den spezifischen alternativen Techniken abhängig. Manche Effekte können Auswirkungen haben, wie einen erhöhten Energieverbrauch, erhöhten Abfallanfall oder Wasser- oder Rohstoffverbrauch. Manche alternativen Stoffe können das Gesundheits- und Sicherheitsrisiko erhöhen, sind fotochemisch reaktiver (siehe Abschnitt 20.10.2) oder haben andere größere Umweltrisiken. Eine einfache Methode zum Erkennen, ob das Gesundheitsrisiko erhöht ist, ist die Vapour-Hazard-Ratio [20](siehe Anwendbarkeit unten).

[20] VHR-Von Dupont entwickelte Gefährdungszahl als Vergleichsmaß für eine Risikoeinstufung: Quotient aus Sättigungskonzentration und Arbeitsplatzgrenzwert

Weitere Informationen dazu können im BVT-Merkblatt „Ökonomische und medienübergreifende Effekte“ gefunden werden.

**Betriebsdaten:** Siehe Abschnitte 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 11.4.7, 12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4 und 17.4.3.

**Anwendbarkeit:** Entscheidungen über eine Substitution müssen von Fall zu Fall gefällt werden. Eine Substitution muss die geforderten adäquaten Leistungsmerkmale aufweisen (d.h. die geeignete Funktionalität). Es ist auf jeden Fall notwendig, die Änderungen mit dem Kunden vor der Substitution zu besprechen. Es ist gute Praxis, Änderungen nur auszuführen bei voller Kenntnis der erreichbaren Leistungsmerkmale. Da es mit einem Risiko verbunden ist, diese Merkmale nicht einzuhalten, ist es ratsam für den Betreiber und den Kunden, die Qualität und Leistung zu überwachen und Informationen zu den geforderten Spezifikationen auszutauschen.

In einigen Prozessen, die Einzelstoffe verwenden, wie z.B. Toluol im Illustrationstiefdruck, ist es derzeit nicht möglich Toluol zu ersetzen.

Bei der großen Breite der im Sektor verwendeten Chemikalien, ist es zweifelhaft, ob alle Chemikalien, die ein Umweltrisiko aufweisen, in geeigneter Weise ersetzt werden können. Einige Prozesse werden weiterhin von gefährlichen Chemikalien abhängig sein, wenn es kein geeignetes Substitut gibt oder die medienübergreifenden Effekte die Vorteile überwiegen (siehe oben).

Zur Hilfestellung beim Vergleich möglicher Alternativen können Verhältnisse herangezogen werden. Z.B. für physiologische Effekte der Vapour-Hazard Ratio (VHR), der die Tendenz eines Produktes zu verdampfen, mit seinem MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration), wie unten gezeigt, vergleicht:

$$\text{VHR} = \frac{\text{Gleichgewicht der Dampfkonzentration (bei 20 °C)}}{\text{MAK-Wert}}$$

Daraus folgt:

- bei Produkten mit einem vergleichbaren MAK-Wert wähle das Produkt mit der geringsten Flüchtigkeit
- bei Produkten mit vergleichbarer Flüchtigkeit wähle das Produkt mit dem höheren MAK-Wert.

Wo diese Daten weiniger einfach zu interpretieren sind, müssen Berechnungen gemacht werden.

Andere Faktoren, wie Toxizität oder Ökotoxizität können auf einfacher Basis bewertet werden, wie z.B.: wähle die Substanz mit geringerem R-Satz. Alternativ können andere Bewertungsmaßstäbe benutzt werden (wie z.B. die Ozonbildungsreaktivität siehe Abschnitt 20.10.2. In einigen Fällen kann man in Verbindung mit dem Ozonbildungspotential ein Verhältnis vergleichbar zur VHR entwickeln.)

**Wirtschaftlichkeit:**. Substitute können kostengünstiger sein, dass muss aber von Fall zu Fall bestimmt werden. Sie können eine Anlage in die Lage versetzen, mehrere rechtliche Anforderungen zu erfüllen (siehe ‘Gründe für die Einführung’ unten). Einsparungen könne erreicht erden, z.B. durch:

- geringerer Energie-, Wasser- und Rohstoffverbrauch
- weniger Abgas- und Abwasserbehandlung
- bessere Erfüllung der Anforderungen für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz
- verbesserte Qualität und Zuverlässigkeit des Prozesses.

**Gründe für die Einführung:** Der Hauptgrund, weniger gefährliche Stoffe zu verwenden, sind die Gesundheit und Sicherheit der Angestellten (Anmerkung: man sollte vorsichtig beim Ersatz aus Arbeitsschutzgründen sein, der Ersatz sollte tatsächlich nachweisbar weniger gefährlich sein).

Andere Umwelt-rechtliche Gründe sind z.B. die EU-Lösemittelrichtlinie, und eine PARCOM Empfehlung über in Wasser abgeleitete Stoffe. In einigen Fällen kann die erreichte

Lösemittelminderung den Lösemittelverbrauch unter den Schwellenwert senken, der in der IVU-Richtlinie oder anderen Regelungen zu berücksichtigen ist.

**Beispielbetriebe:** Siehe Abschnitte 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 11.4.4.2, 12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4 und 17.4.3.

**Referenzliteratur**:[59, EIPPCB, 2005], [89, Envirowise, 2003, 97, EIPPCB, 2005, 123, EC, 1999, 128, TWG, 2005, 168, ESIG, 2005]

### 20.10.1 Ersatz von Reinigungsmitteln (Substitution)

[128, TWG, 2005]

Siehe Abschnitt 20.9. Die Verdampfungsgeschwindigkeit von Lösemitteln ist entscheidend für die Menge an Lösemittel, die während der Reinigungsvorgänge und der späteren Lagerung der schmutzigen Tücher verdampft (dazu wird ein Standardtest verwendet: DIN 53170). Die Verdampfungsgeschwindigkeit traditioneller Lösemittel, wie z.B. Toluol und Ethylacetat beim Drucken, ist höher als die Verdampfungsgeschwindigkeit von Lösemitteln mit mittlerem oder höherem Flammpunkt. Daraus folgend kann die Verdampfung während der Reinigung mit letzteren reduziert werden. Daten zur Verdampfungsgeschwindigkeit kann man, wenn sie dem Benutzer nicht mitgeliefert werden, vom Zulieferer erhalten. Stehen diese Informationen nicht zur Verfügung, ist der Flammpunkt eines Lösemittels ein guter Hinweis für seine Verdampfungsgeschwindigkeit. Alle niedrigen Flammpunkte sollten auf den Verpackungen der Lösemittel angegeben sein.

Bei Verwendung von Reinigungsmitteln mit mittlerem oder hohem Flammpunkt gibt es auch Gesundheits- und Sicherheitsvorteile, da das Personal den Lösemitteldämpfen weniger ausgesetzt ist. Da es manchmal sehr geringe MAK-Werte gibt, z.B. 1 oder 2 ppm gegenüber 150 ppm für Ethylacetat, hat man folgende Vorteile, wenn das Reinigungsmittel die folgenden Kriterien erfüllt:

- es gibt keinen wesentlich geringeren MAK-Wert
- der Wechsel des Lösemittels führt nicht zu einer notwendigen Erwärmung
- die Verdampfung des Lösemittels muss nicht durch Hochdruckluft unterstützt werden.

Da die Beschichtung meist gebrauchsfertig oder im Originallösemittel gelöst ist, wird der Gebrauch von traditionellen Reinigungsmitteln gelegentlich notwendig sein, um schwierige Reinigungsaufgaben zu unterstützen. Eine kleine Menge dieses Reinigungsmittels (z.B. ca. 5 % der Gesamtmenge) muss man dazu vorrätig haben. Hochsiedende Lösemittel (HLM) oder andere niedrig flüchtige Lösemittel sind z.B. nicht in allen Druckanlagen anwendbar. Trockene Druckfarben mit flüchtigen Lösemitteln lösen sich leicht im gleichen Lösemittel, das sie ursprünglich enthalten haben. Andere als das Originallösemittel zu benutzen, ist allgemein kontraproduktiv. Einer der Gründe dafür ist, dass wenn es auf vorhandenen Anlagen hauseigen destilliert wird, eine Wiederverwendung bei einem Wechsel des HLM nicht möglich ist. Hauseigene Filtersysteme für HLM sind in der Entwicklung. Andere Beispiele für eine gelegentliche Notwendigkeit flüchtige Reinigungsmittel zu verwenden, sind die folgenden (siehe Abschnitt 20.9):

- Wartung
- Reinigung von UV-härtenden Druckfarben
- schwierige Farbwechsel.

Benutzt man alternative Lösemittel mit niedriger Flüchtigkeit/ hohem Flammpunkt zur Reinigung der Böden, dürfen diese Lösemittel (per Definition) nicht schnell verdampfen und den Boden rutschig hinterlassen. Deshalb müssen die Böden mit kleinen Mengen flüchtiger Lösemittel von Zeit zu Zeit abgetrocknet werden.

[148, TWG, 2006]

#### 20.10.1.1 Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >40 ºC

**Beschreibung:** Die Verdampfungsgeschwindigkeit herkömmlicher Lösemittel ist bedeutend höher als die Verdampfungsgeschwindigkeit von Lösemitteln mit einem Flammpunkt >40 °C. Demzufolge kann die Verdampfung während der Reinigung durch Verwenden von Lösemitteln mit mittlerem Flammpunkt reduziert werden. Diese Lösemittel können als Zwischenschritt bei

einem Wechsel von flüchtigen Reinigungsmitteln zu weniger flüchtigen Reinigungsmitteln sinnvoll sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der VOC-Emissionen in die Luft um bis zu 40 % im Vergleich zu Lösemitteln mit hohem Flammpunkt (siehe Abschnitt 20.10.1.2) wurden berichtet. Das Risiko der Bodenverunreinigung ist geringer. Verdampft weniger Lösemittel, sinkt der Verbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Lösemittel mit mittlerem Flammpunkt sind wahrscheinlich nicht so effektiv und effizient bei der Reinigung wie herkömmliche Lösemittel, und die Reinigung wird länger dauern.

**Anwendbarkeit:** Nicht in allen Branchen angewendet siehe Abschnitt 20.10.1.2 unten.

**Wirtschaftlichkeit:** Beim Drucken, wo eine Reinigung mehr Zeit erfordern kann und Druckzeit sehr teuer ist, kann die Verwendung von weniger flüchtigen Lösemitteln sehr schnell extrem teuer werden, wenn tatsächlich Druckzeit verloren geht. Z.B. kann sich beim Heatset-Drucken der Verlust an Produktionszeit wegen langsamerer Verdampfung des Lösemittels schnell auf 1000 € pro Stunde belaufen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [35, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Austria, 2003]

### 20.10.1.2 Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >55 ºC

**Beschreibung:** Die Verdampfungsgeschwindigkeit kann mehr als 100-mal schneller sein bei herkömmlichen Lösemitteln als die Verdampfungsgeschwindigkeit von Lösemitteln mit einem Flammpunkt >55 ºC. Deshalb kann die Verdampfung sehr wesentlich reduziert werden, wenn man Lösemittel mit hohem Flammpunkt verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Reduzierung der VOC-Emissionen in die Luft hängt von der Ausgangssituationab: beim Auswechseln von Lösemitteln mit einem Flammpunkt <21 ºC wird eine Minderungen von mehr als 90 % erreicht; der Wechsel des Lösemittels mit einem Flammpunkt zwischen 21 - 55 ºC kann zu Minderungen von rund 50 % führen. Ein anderer Vorteil ist das geringere Risiko der Bodenverunreinigung. Wenn weniger Lösemittel verdampft, sinkt der Verbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Papierverluste können ansteigen, da nach einer Zwischenreinigung das Verdunsten des Reinigungsmittels länger dauert und das zum Bahnenabriss führen kann.

**Betriebsdaten:** Lösemittel mit hohem Flammpunkt sind eventuell nicht so effektiv und effizient bei der Reinigung wie herkömmliche Lösemittel, aber mit der Erfahrung wird das Ergebnis akzeptabler. Reinigung mit Lösemitteln mit hohem Flammpunkt erfordert mehr Zeit, auch wenn mit Training und Erfahrung der Zeitverlust gemindert wird auf einen akzeptablen Wert.

In Deutschland gibt es eine Vereinbarung zwischen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Heatset-Offset-Branche, dass sie nur Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >55 °C benutzen und einem Aromatengehalt von weniger als 1 %. Auch wenn die Haupttriebfeder die Gesundheit am Arbeitsplatz ist, konnte die Verwendung von hochflüchtigen/ stark ozonbildenden Lösemitteln bedeutend gemindert werden durch Ersatz von ‚Testbenzin'-artigen Lösemitteln.

**Anwendbarkeit:** Diese Lösemittel werden bei der Hand- und automatischen Reinigung verwendet. Sie werden allgemein bei Heatset-Verfahren angewendet, wo Mischungen von pflanzlichen Reinigungsmitteln und Lösemittel mit einem hohen Flammpunkt (55 – 100 ºC) oft zur Anwendung kommen, um die richtige Trockengeschwindigkeit zu erhalten.

Bei Flexoverpackungen werden allgemein Lösemittel mit hohem Flammpunkt in kleinen Mengen verwendet, um sehr beständige Verunreinigungen zu entfernen. Für die tägliche Reinigung mit Reinigungsmaschinen werden diese Reinigungsmittel mit hohem Flammpunkt aber nicht allgemein verwendet, auch wenn es einige Experimente gab, die aber noch nicht erfolgreich waren.

**Wirtschaftlichkeit:** Beim Drucken, wo eine Reinigung mehr Zeit erfordern kann und Druckzeit sehr teuer ist, kann die Verwendung von weniger flüchtigen Lösemitteln schnell extrem teuer werden, wenn tatsächlich Druckzeit verloren geht. Z.B. der Verlust an Produktionszeit wegen langsamerer Verdampfung des Lösemittels kann sich schnell auf über 1000 € pro Stunde belaufen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [29, Netherland, 1996] [76, TWG, 2004] [168, ESIG, 2005]

### 20.10.1.3 Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >100 ºC

**Beschreibung:** Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >100 °C werden auch als hochsiedende Lösemittel (HLM) bezeichnet. Sie weisen noch weniger Verdampfung auf (nahe Null) als Lösemittel mit einem Flammpunkt >55 °C.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Hauptvorteile sind, dass während der Lagerung gebrauchter Lösemittel und gebrauchter Tücher weniger verdampft als bei Verwendung von Lösemitteln mit niedrigerem Flammpunkt. Das Risiko der Bodenverunreinigung durch lösemittelangereicherte Luft ist auch geringer. Ein anderer Vorteil ist, dass die Belastung der Arbeitskräfte auf ein Minimum reduziert ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Je weniger Lösemittel verdunstet, um so mehr bleibt als Abfall übrig, der behandelt und entsorgt werden muss. Reinigung mit HLM erfordert eine Nachreinigung, die mit Wasser durchgeführt wird. Der Wasserverbrauch und der Abwasseranfall werden erhöht sein, da HLM normalerweise mit Wasser verdünnt werden. Wasser-HLM-Mischungen können mit Filtration behandelt werden, nach der die HLM wiederverwendet und der wässrige Rest normalerweise in das Abwassersystem entsorgt wird.

**Betriebsdaten:** Werden beim Heatset-Offsetdruck HLM verwendet, braucht man andere Arbeitsmethoden im Vergleich zu konventionellen Lösemitteln. Das Ergebnis der HLM-Anwendung ist deshalb unterschiedlich, oft ist das Ergebnis aber vorteilhaft. Das ist meist dann der Fall, wenn die Pressen von Hand gereinigt werden.

Wo automatische Reinigungssysteme benutzt werden, sollte man wissen, dass es seitens der Hersteller keine Vorbehalte gegen die Verwendung von HLM gibt. Manche automatische Systeme können durch die Verwendung dieser Produkte beschädigt werden. Insbesondere automatische Systeme von vor 1996 erfordern einige Anpassungen bei den Dosier- und Sprühsystemen.

**Anwendbarkeit:**

- anwendbar bei Heatset-Offsetdruckanlagen
- HLM können in der automatischen und manuellen Reinigung angewendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Allgemein ist diese Technik selbstfinanzierend, es müssen aber die folgenden Einschränkungen mit in Betracht gezogen werden:

- nicht für die automatische Reinigung in alten Anlagen, bei denen die Nachrüstungskosten hoch sein können
- moderne automatische Reinigungseinheiten, wenn diese immer noch stark flüchtige Lösemittel benutzen, aber nur wenige ml pro Reinigungszyklus
- selbst bei nur kleinen Produktionszeitverlusten pro Reinigungsdurchgang ist diese Technik sehr teuer (ausgedrückt in €/kg, das nicht emittiert wurde).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [29, Niederlande, 1996] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Österreich, 2003] [128, TWG, 2005]

### 20.10.1.4 Pflanzliche Reinigungsmittel (PRM)

**Beschreibung:** Pflanzliche Reinigungsmittel (PRM) gehören in die Gruppe der Reinigungsmittel mit einem Flammpunkt >100 ºC (siehe Abschnitt 20.10.1.3). Die erste Generation der PRMs waren einfach raffinierte Pflanzenöle, die eher dickflüssig und schwierig zu handhaben waren. Die gegenwärtige Generation der PRMs sind Monoester verschiedener Fettsäuren mit unterschiedlichen Sättigungsgraden (Jodzahl) und Fettsäuregehalten (Säurezahl). Automatische Reinigungssysteme sind so konstruiert, dass sie mit verfügbaren PRMs genutzt werden können.

**Erreichte Umwelteffekte:** Diese PRMs werden aus erneuerbaren Quellen produziert und erhöhen deshalb nicht die Emissionen von Klimagasen. Andere Vorteile sind, dass während der Lagerung gebrauchter Lösemittel und gebrauchter Tücher weniger verdampft als bei Verwendung von Lösemitteln mit niedrigerem Flammpunkt. Das Risiko der Bodenverunreinigung durch lösemittelangereicherte Luft ist auch geringer. Ein anderer Vorteil ist, dass die Belastung der Arbeitskräfte auf ein Minimum reduziert ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Reinigen mit PRMs erfordert eine Nachreinigung mit Wasser. Daraus folgend entsteht mehr Abwasser. Die Wasser-PRM-Mischung kann mit Filtration behandelt werden, nach der das PRM wiederverwendet werden kann, und der wässrige Rest kann normalerweise in das Abwassersystem abgelassen werden. Einige PRMs können human-toxische Wirkungen haben.

Einige PRMs, zu denen Angaben gemacht wurden, enthalten bis zu 15 % Lösemittel oder toxische Bestandteile (auch wenn diese nicht näher definiert wurden). Offensichtlich haben solche PRMs keinen zusätzlichen Umweltnutzen oder Gesundheits- und Arbeitsschutz. Die in diesem Abschnitt diskutierten PRMs sind lösemittelfrei und ohne toxische Bestandteile.

**Betriebsdaten:** Das Verwenden von PRMs benötigt andere Arbeitsmethoden im Vergleich zu konventionellen Lösemitteln. Das Ergebnis der PRM-Anwendung ist deshalb unterschiedlich, oft ist das Ergebnis aber günstig. Das ist meist dann der Fall, wenn die Pressen von Hand gereinigt werden. Training und gesammelte Erfahrungen sind aber hilfreich.

In der Druckindustrie, wo automatische Reinigungssysteme bei Offset-Druckanlagen benutzt werden, sollte man wissen, dass es seitens der Betreiber keine Vorbehalte gegen die Verwendung von PRM gibt. Manche automatische Systeme können durch die Verwendung dieser Produkte beschädigt werden. Insbesondere automatische Systeme von vor 1996 erfordern einige Anpassungen bei den Dosier- und Sprühsystemen. Manchmal müssen Dichtungen ausgewechselt werden.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in Bogen-Offset-Anlagen. Bei Coldset- und Rollenoffsetanlagen werden sie nur zur Schlussreinigung vor dem Drucken verwendet. Das geschieht, weil während des Druckens das Spülwasser die Papierbahn abreißen kann. Eine Erhebung in Dänemark hat gezeigt, dass rund 65 % der Bogenoffsetanlagen PRMs regelmäßig benutzen, und flüchtige Lösemittel nur benutzen, wenn sie getrocknete Druckfarbe entfernen müssen. Der Verbrauch an PRMs in diesen Anlagen entspricht 2 % der insgesamt verwendeten Lösemittel. Andere Berichte, z.B. aus den Niederlanden, zeigen, dass diese Reinigungsmittel nicht anwendbar sind bei Heatset-Prozessen und nicht immer beim Bogendruck. Es wird über Heatsetdrucken auch berichtet, dass der Unterschied zwischen den Emissionen aus hochsiedenden und pflanzlichen Reinigern nicht die Zusatzkosten und den Zeitverlust rechtfertigt.

Die Verwendung von PRMs sollte auf solche begrenzt werden, von denen man die toxikologischen und andere medienübergreifenden Effekte kennt.

**Wirtschaftlichkeit:** Häufig sind PRMs viermal so teuer wie konventionelle Reinigungsmittel. Das benötigte Volumen an PRMs zur Reinigung eines Dauer-Gummituchzylinders ist nur die halbe Menge wie bei konventionellen Reinigungsmitteln. Allgemein ist diese Technik selbstfinanzierend, es müssen aber die folgenden Einschränkungen beachtet werden:

- automatische Reinigung bei alten Anlagen, bei denen die Nachrüstung teuer sein kann
- moderne automatische Reinigungsanlagen, wenn sie noch hochflüchtige Lösemittel benutzen, aber nur wenige ml pro Reinigungszyklus
- auch nur kleine Produktionszeitverluste pro Reinigungszyklus machen diese Technik sehr teuer, ausgedrückt in €/ pro kg, das nicht emittiert wurde.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [11, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004]

### 20.10.1.5 Starke schwerflüchtige Lösemittel

**Beschreibung:** Starke Lösemittel, wie N-Methyl-2-Pyrrolidon (Siedepunkt 202 ºC, Flammpunkt 95 ºC) und Ethanolamin (Siedepunkt 170 ºC, Verdampfungspunkt 85 ºC, Dampfdruck 0.2 mm Hg) können verwendet werden, wo eine sehr starke Lösekraft erforderlich ist - gewöhnlich beim Reinigen. Sie können halogenierte Lösemittel ersetzen (siehe Abschnitt 20.10.3).

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte Emissionen in die Luft und reduzierter Anfall von gefährlichen Abfällen.

**Medienübergreifende Effekte:** Werden sie bei Raumtemperatur benutzt, weisen starke niedrigflüchtige Lösemittel keine Emissionen auf, und erfordern nur begrenzte Vorrichtungen zum Gesundheitsschutz und zur Arbeitsplatzsicherheit. Benutzt man sie aber wegen verbesserter Effektivität bei höherer Temperatur, können diese Vorteile verloren gehen. Ende 2006 war N-Methyl-2-Pyrrolidon unter Überprüfung und wird eventuelle als CMR-Stoff eingestuft.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Die Anwendbarkeit hängt von der speziellen Verwendung ab (siehe Abschnitt 20.9). Eine Substitution wurde erfolgreich in der Druckindustrie (per Gesetz und durch EU-weite Industrievereinbarungen) und bei der Herstellung von Reibbelägen durchgeführt und wird allgemein in allen Industriebranchen angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Teuerer als herkömmliche Lösemittel.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Siehe Anwendbarkeit oben.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [12, UBA Deutschland, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [148, TWG, 2006]

### 20.10.1.6 Wässrige Reinigung

Siehe Abschnitt 20.9.8.

### 20.10.2 Verwenden von Lösemitteln mit geringerem Ozonbildungspotential (OFP - ozon forming potential)

**Beschreibung:** Verschiedene VOCs reagieren unterschiedlich, wenn sie in die Luft emittiert werden: das wird als Ozonbildungsfähigkeit oder Ozonbildungspotential bezeichnet. VOC-Reaktivität ist keine statische Funktion einer Verbindung, sie variiert mit den Umgebungsbedingungen. Temperatur, der verfügbare Betrag an Sonnenlicht und die Konzentration an NOx als auch anderer VOC-Verbindungen in der Luft können einen Effekt auf das Potential, Ozon zu bilden, einer speziellen Verbindung haben. Eine bedeutende Rolle spielt auch die Meteorologie. Das Bestimmen eines Reaktivitätswertes einer flüchtigen organischen Verbindung ist deshalb eine komplizierte Sache.

Die üblichsten verwendeten Bewertungsmaßstäbe zum Vergleich der Reaktivität verschiedener VOCs sind:

- das photochemische Ozonbildungspotential (POCP) (behandelt im BVT-Merkblatt ECM)
- die maximale zusätzliche Reaktivität (MIR), entwickelt für Vorschriften in Kalifornien, USA.

Eine alternative Messgröße wird IDOP genannt– sie ist eine Maß für die Reaktivität eines Lösemittels zur Bildung troposphärischen Ozons– sie wurde in Großbritannien entwickelt. IDOP wird in ppb Ozon pro VOC-Emissionsrate in Tonnen pro Stunde ausgedrückt. Es wurden nur 100 IDOP-Werte für einzelne Substanzen berechnet, und es wurde empfohlen, dass weitere Bewertungen durchgeführt werden, bevor IDOP routinemäßig angewendet wird. Das ist ein geeignetes Feld für weitere Forschung (siehe ‚Abschlussbemerkungen' in Abschnitt 23.4). Da MIR für kalifornische klimatische Bedingungen berechnet wurde, verbleibt POCP als die geeignetste Option für gegenwärtige Arbeiten.

Die Verwendung von OCP als Bewerungsmaßstab erlaubt eine Summierung bei Mischungen von VOCs (siehe BVT-Merkblatt ECM). Das OCP wird aber gewöhnlich zur Bestimmung des Effektes einer bereits flüchtigen und freigesetzten Substanz (z.B. in Spritzkabinen, Trocknern), wie bei einer Modellierung, benutzt. Wo Substanzen nicht automatisch verflüchtigt werden (z.B. bei einigen Reinigungsmaterialien), muss man das eventuell berücksichtigen. Das Ökolabel ‚Der Schwan' verwendet ein effektives Ozonbildungspotential, $POCP_{(effektiv)}$ (POCP mit der relativen Verdampfungsrate multipliziert). Ein ungefährer Ersatz ist die Verwendung des Dampfdruckes, multipliziert mit dem POCP (siehe Anhang 24.7):

Die Auswirkung einer Lösemittelmischung auf die Ozonbildung eines Materials kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$POCP_{(effective)} = \sum_1^n x_1(POCP_{effective})_1 + x_2(POCP_{effective})_2 + \ldots\ldots x_n(POCP_{effective})_n$$

wobei:

$x_1$ die Konzentration der Substanz 1 in der Mischung ist
$(POCP_{effective})_1$ ist das effektive Ozonbildungspotential (das ist äquivalent zum POCP wenn alle Lösemittel im Prozess verdampft sind).

Eine vergleichbare Formel (die aber die Verdampfungsmenge statt der Konzentrationen verwendet) kann zum Vergleich der Effekte verwendet werden, wenn verschiedene Mengen verschiedener Lösemittel freigesetzt werden aus verschiedenen Rezepturen.

Bild 20.4 zeigt grafisch, wie die Formel bei der Bewertung, ob ein Substitutionsvorschlag einen Umweltvorteil erreicht, wirkt. VPn ist der Dampfdruck von n Komponenten (als erste Näherung nimmt dieser Summenansatz keine physiko-chemischen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten an, was man als ‚worst-case'-Szenario bezeichnen kann).

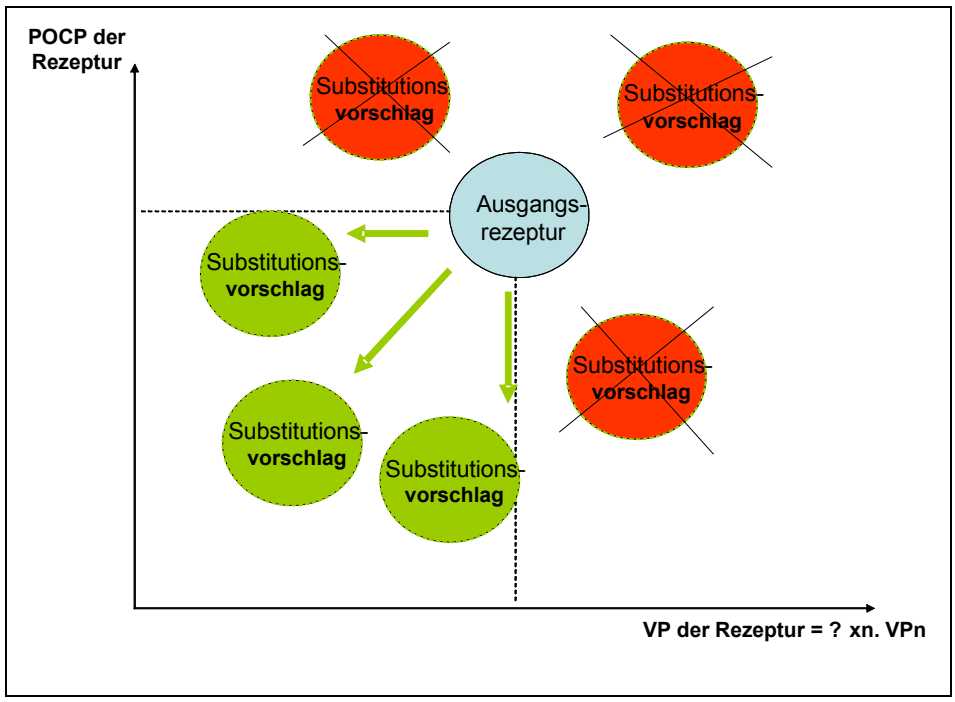


**Bild 20.4: Bewertung potentieller Ersatzstoffe durch das photochemische Ozonbildungspotential**

**Erreichte Umwelteffekte:** Der direkte Ersatz leichter aromatischer Lösemittel mit hoher Reaktivität, z.B. Toluol, Xylol und Testbenzin (C9 Aromaten) durch weniger reaktive Alternativen eröffnet ein Potential zur VOC-bedingten POCP-Reduktion um 20 bis 40 % (siehe Anwendbarkeit unten).

Einige aromatische Lösemittel sind als umweltgefährlich eingestuft (R51/53: Ausnahmen schließen Toluol, Xylol und Ethylbenzol ein), so dass ihr Ersatz auch vorteilhaft für die aquatische Umwelt sein kann, abhängig vom gewählten Ersatzprodukt.

**Medienübergreifende Effekte:** Chlorierte VOCs pflegen eine geringere Ozonbildungsreaktivität zu haben, haben aber ein hohes stratosphärisches Ozonzerstörungspotential und sind giftig.

**Betriebsdaten:** siehe Anwendbarkeit unten.

**Anwendbarkeit:** Obwohl das OFP der wissenschaftliche Grund für die Notwendigkeit der Reduzierung der VOC-Emissionen ist, ist die Verwendung des OFP noch im frühen Stadium und kann nicht dazu verwendet werden, den Nachweis der Erfüllung bestehender rechtlicher Regelungen, wie der EU-Lösemittelrichtlinie (auf Betreiberseite) und der Nationalen Emissionshöchstmengen (NEC auf Mitgliedsländerseite), zu zeigen.

Diese Technik ist nicht anwendbar auf Anlagen, bei denen Lösemittelemissionen adäquat verringert oder verhindert werden, z.B. durch eine Abgasbehandlung siehe Abschnitt 20.11.

Die VOC-Reaktivitätsberechnungen zeigen, obwohl es eine Schwankung bei der relativen Reihung einzelner VOCs gibt, dass leichte aromatische Lösemittel, die höchst reaktiven Produkte in Bezug auf die Ozonbildung bei allen drei Bewertungsmaßstäben sind (das gleiche wurde für andere Maßstäbe, die in den USA getestet wurden, gefunden). Generell kann der Ersatz leichter aromatischer Produkte in Oberflächenbehandlungsrezepturen zu einer bedeutenden Minderung des OFP des Endproduktes führen trotz der Unsicherheiten, die mit POCP-Werten (oder anderen Reaktivitäten) verbunden sind. Es ist aber wichtig zu wissen, auch wenn chlorierte VOCs einen geringen Ozonbildungswert aufweisen, sollten sie nicht benutzt werden, nicht-chlorierte VOCs zu ersetzen, weil die hohe Ozonbildungspotential-Werte (siehe Abschnitt 20.10.3) aufweisen als auch Gesundheits- und Sicherheitsauswirkungen haben.

Komplexe Systeme, wie Autolacke (und einige Arten von Druckfarben), können bis zu 30 verschiedene Lösemittel enthalten. Ausgeklügelte Mischungen an Lösemitteln werden verwendet, um spezielle Vorgaben zu erreichen, wie Farbe, Trocknung, Beständigkeit usw. Diese zu ändern, um das Gesamt-$POFP_{total}$ zu verringern und dabei die Qualitätsanforderungen zu erreichen, würde erhebliche Investitionen der Industrie erfordern (siehe Betriebsdaten unten). Das könnte nicht durch einen einzelnen Automobilhersteller oder eine einzelne Anlage erreicht werden. Das könnte aber langfristig eingeführt werden als eine Erwägung bei zukünftig stattfindenden Formulierungen von Lacken (z.B. durch REACH, siehe ‚Gründe für die Einführung' unten) und ist ein geeignetes Feld für weitere Forschung (Siehe ‚Schlussbemerkungen' im Abschnitt 23.4).

In einigen Prozessen werden Lösemittel mit höherem OFP verwendet, diese Lösemittel können aus technischen Gründen nicht ersetzt werden. Das kann der Fall sein, auch wenn nur ein einziges Lösemittel im Prozess eingesetzt wird, wie z.B. Toluol beim Illustrationstiefdruck.

Das OFP kann verwendet werden (mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Einschränkungen), um beim Ersatz wegen anderer Gefahren Hilfe zu geben (wie in Abschnitt 20.10 beschrieben) und um sicher zu stellen, dass der Ersatz das Gesamt-OFP verringert (oder zumindest nicht erhöht). Das ist wichtig und zu berücksichtigen, wenn eine Substitution zum Erreichen von Emissionswerten gemacht wird. Es kann eventuell benutzt werden, wo andere Maßnahmen die damit verbundenen Emissionswerte nicht erreichen können oder technisch nicht anwendbar sind (z.B. wegen unvorteilhafter medienübergreifender Effekte). Es kann wahrscheinlich am schnellsten bei einfachen Systemen eingesetzt werden, wie z.B. als Hilfestellung beim Ersatz von Lösemitteln zur Reinigung (siehe Abschnitte 20.9 und 20.10.3) und Trägerlösemittel in der Holzkonservierung (siehe Kapitel 18). Da wo das OFP verwendet wird, kann die POCP-Kennzahl genutzt werden, wo Lösemittel verdampfen, und POCP effektiv sollte verwendet werden, wenn die Verdampfung nur teilweise stattfindet (z.B. bei einigen Reinigungstechniken).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Automobilindustrie schätzt die Kosten für die Einführung bei Autolacken im Bereich von 100 Mio. bis 3.500 Mio. € über einen Zeitraum von ungefähr 10 Jahren. Zusätzlich gibt es wahrscheinlich versteckte Kosten bei der Einführung dieser Art Produktionswechsel, wenn neue Lösemittelsysteme nicht die gleichen Charakteristiken aufweisen.

**Gründe für die Einführung:** Grundsätze und Regelungen zur Verringerung der Bildung von bodennahem Ozon (UNECE Göteborg Protokoll und EU-Richtlinie über die Nationalen Emissionshöchstmengen 2001/81/EC), CAFÉ (Clean Air For Europe), REACH, usw..

Leichte aromatische Lösemittel haben einen relativ geringen MAK-Wert, aus Arbeitsgesundheitssicht kann ihr Ersatz also auch vorteilhaft sein.

Ethylbenzol als Komponente von industriellem Xylol unterliegt zurzeit einer Risikobewertung in der EU, entsprechend der EU-Altstoff-Richtlinie 793/93/EEC. Toxikologische Tests an Ethylbenzol haben eine karzinogene Wirkung an Ratten und Mäusen gezeigt, als Ergebnis dessen hat die International Agentur zur Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer) Ethylbenzol als ein Klasse 2B Karzinogen eingestuft (limitierte Beweise für humane Karzinogenität).

**Beispielbetriebe:** Angewendet bei lokalen Behörden für Luftverschmutzungsangelegenheiten der USA, insbesondere MIR wird durch kalifornische Behörden und die Industrie verwendet.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [96, European Solvents Industry Group, 2005] [97, EIPPCB, 2005] Swan Eco-label [www.Svanen.nu] [148, TWG, 2006, 169, Lemoine, 2006, 170, Tempany and Lemoine, 2006, 172, May, 2006]

### 20.10.3 Ersatz von halogenierten Lösemitteln

**Beschreibung:** Halogenierte Lösemittel können durch weniger gefährliche Lösemittel ersetzt werden, z.B. da, wo eine kraftvolle Lösemittelreaktion zur Reinigung erforderlich ist. Starke Lösemittel wie N-Methyl-2-Pyrrolidone und Ethanolamin können dazu verwendet werden (siehe Abschnitt 20.9.5). Basieren Lacke auf halogenierten Lösemitteln, können alternative Lacksysteme verwendet werden (siehe Abschnitt 20.7).

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderte Emissionsgefahr während der Handhabung und in die Luft und reduzierter Anfall an gefährlichen Abfällen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Chlorierte Kohlenwasserstoffe werden manchmal bei der Herstellung von Reibebelägen zum Entfetten von Oberflächen verwendet und als Lösemittel für einige Lacke bei der Beschichtung von Land- und Baumaschinen.

Beim Flexoverpackungsdruck wurden Lösemittel wie Methylenchlorid zur Entfernung hartnäckiger Verunreinigungen verwendet. Sie wurden aber durch nicht-flüchtige Lösemittel wie N-Methyl-2-Pyrrolidon und Ethanolamin ersetzt.

**Anwendbarkeit:** Die Anwendbarkeit hängt von den spezifischen Techniken und deren Verwendung ab. Ein Ersatz wurde erfolgreich in der Druckindustrie durchgeführt (aufgrund rechtlicher Bestimmungen und EU-weiter Industrievereinbarungen), in der Reibebelag-herstellung und in allen Sektoren allgemein angewendet. Es stehen Lacksysteme zur Verfügung, die Lacke mit halogenierten Lösemitteln ersetzen können.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheits- und Arbeitsschutz. Die EU-Lösemittelrichtlinie setzt einen Grenzwert von 20 mg/Nm$^3$, wenn der Massenstrom der halogenierten VOCs mit dem R-Satz R40 gleich oder größer als 100g/h ist.

In Deutschland wird der Gebrauch halogenierter Lösemittel als technisch überholt angesehen.

**Beispielbetriebe:** Halogenierte Lösemittel sind in großem Maßstabe ersetzt worden (z.B. in Deutschland).

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [12, UBA Deutschland, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.10.4 Ersatz von Lösemitteln und anderen Materialien mit CMR - Eigenschaften (Substitution)

**Beschreibung:** Andere Substanzen und/oder unterschiedliche Techniken können als Ersatz für Stoffe oder Zubereitungen, die aufgrund ihres VOC-Gehaltes als karzinogen, mutagen oder reproduktionstoxisch nach Richtlinie67/548/EEC eingestuft werden, verwendet werden und müssen mit den R-Sätzen R45, R46, R49 R60, R61 gekennzeichnet sein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Eine Substitution wurde erfolgreich in der Druckindustrie durchgeführt. Zum Ersatz von Lösemitteln: Anlagen haben die Entfettung mit Lösemitteln durch nicht-lösemittelhaltige Reinigung ersetzt, auch wenn das ersetzte Lösemittel nicht immer ein CMR-Lösemittel gewesen sein mag (siehe Abschnitt 20.10.1.6).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, EU-Lösemittelrichtlinie, Richtlinie zur Herstellung und Verwendung.

**Beispielbetriebe:** Die meisten Lackierereinen in Deutschland und viele Elektrobeschichtungsbetriebe in Europa, die mit vergleichbaren Untergründen zu tun haben.

**Referenzliteratur:** [98, EC, 1976, 123, EC, 1999] [128, TWG, 2005]

### 20.10.5 Reinigungsmittel auf Wasserbasis

**Beschreibung:** In Lackieranlagen mit Wasserlacken werden Alkohol oder Glykol/Wasser-Mischungen (Butylglykol/Wasser- anstelle von reinen organischen Lösemitteln) verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierter Lösemittelverbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Trotz des erheblich reduzierten Lösemittelgehaltes, sollte beachtet werden, dass wasser-basierte Reiniger immer noch bis zu 15 % Lösemittel enthalten können. Muss man zusätzlich zwischen der Reinigung und nachfolgenden Prozessen trocknen, kann der Energieverbrauch ansteigen.

**Betriebsdaten:** Wasserbasierte Reinigungsmittel können in Verbindung mit biologischen Behandlungen verwendet werden.

**Anwendbarkeit:** Wasserbasierte Reinigungsmittel werden in der Automobilindustrie, wo Wasserlacke verwendet werden, benutzt.

Es gibt keine wasserbasierten Reinigungsmittel für den Offsetdruck. Sie sind auch nicht für den Illustrationstiefdruck und den Flexoverpackungsdruck verfügbar, wenn lösemittelbasierte Druckfarben, Lacke oder Klebstoffe angewendet werden.

Es können Probleme mit wasserbasierten Reinigungsmitteln auftreten, wenn die nachfolgenden Prozesse lösemittelbasiert sind. Es kann auch eine zusätzliche Trocknung zwischen der Reinigung und der nachfolgenden Behandlung verursachen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Automobilwerke und Bandblechbeschichtungsanlagen in Europa. Viele Elektrobeschichtungsbetriebe in Europa (die mit vergleichbaren Untergründen wie Lackieranlagen zu tun haben).

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 20.11 Abgasbehandlung

Dieser Abschnitt diskutiert angewendete Behandlungsanlagen für lösemittelhaltige Abgase. Es werden nicht nur die unterschiedlichen Arten zur Verfügung stehender Behandlungsanlagen diskutiert, sondern auch die Bauart und die Auslegung( layout). Dieser Abschnitt schließt auch Techniken zur Optimierung oder Minimierung des Abgasstroms, der zu behandeln ist, ein und Techniken zur Rückgewinnung behandelter Lösemittel, wie die Destillation. Bild 20.5 zeigt eine Übersicht über die Anwendungsbereiche zur Verfügung stehender VOC-Behandlungstechniken bis zum Jahre 2000. Die Industrie merkt dazu an, dass die Nasswäsche nur zur Staubentfernung verwendet wird, die Kondensation mit Inertgastrocknung kombiniert werden muss und für viel höhere Konzentrationen verwendet wird und die regenerative Nachverbrennung (Oxidation) gegenwärtig viel weiter verbreitet ist (<5000 - >100000 $m^3/h$) [76, TWG, 2004].

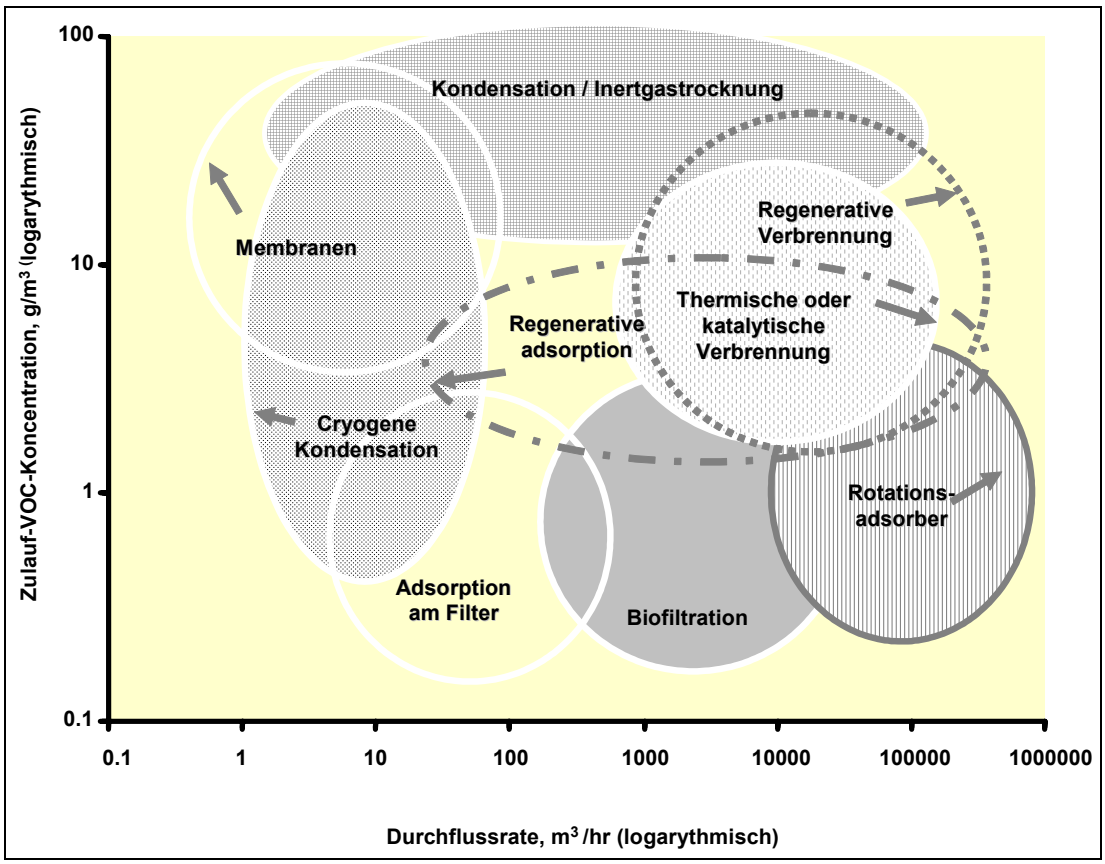


**Bild 20.5: Überblick über die Anwendungsbereiche zur Verfügung stehender VOC-Behandlungstechniken [60, ESIG, 2000]**

## 20.11.1 Bauart, Optimierung und Management von Absaug- und Behandlungstechniken

### 20.11.1.1 Systemwahl, Bauart und Optimierung

**Beschreibung:** Luftabsaugsysteme zur Aufnahme von Lösemitteln sind hauptsächlich so ausgelegt, dass sie die Atmosphäre im Arbeitsbereich und der Anlage ausreichend gut unterhalb der UEG (unteren Explosionsgrenze) halten und die Lösemittelkonzentration geringer als der MAK-Wert ist (dieser Bereich kann größer sein als der für die UEG). Die abgesaugte Luft aus Lösemittelpunktquellen kann zu einer Abgasbehandlungsanlage geleitet werden. In einigen Fällen (z.B. wenn Waschmaschinen Lösemittel benutzen) wird die Luft zur Behandlung eingehaust mit dem Hauptziel der Reduzierung der Lösemittelemissionen. In vielen Fällen war auch eine Geruchsminderung der ursprüngliche Grund der Behandlung der Abgase.

Die Bauart des Absaugsystems sollte Folgendes berücksichtigen:

- die Menge der abzusaugenden Luft
- den wahrscheinlichen Lösemittelgehalt
- die Art der Behandlung und das Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie medienübergreifende Effekte
- die Anzahl der Betriebsstunden pro Jahr.

Die Absaugung großer Luftvolumina im Verhältnis zum Lösemittel erhöht die Größe des Behandlungssystems und kann die erforderliche Energiemenge zur Stützfeuerung erhöhen.

Diffuse Emissionen, die nicht durch das Absaugsystem erfasst werden, und die Abgasbehandlung bilden meist den Hauptanteil an den Lösemittelemissionen (z.B. siehe Abschnitt 2.3). Das muss bei der Planung eines Absaug- und Behandlungssystems berücksichtigt werden.

Ein Beispiel für die Berücksichtigung von medienübergreifenden Effekten beim Flexodruck mit wasserbasierten Druckfarben oder lösemittelbasierten Druckfarben wird im BVT-Merkblatt ECM dargestellt [97, EIPPCB, 2005].

Anhang 24.9 liefert eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken und ihrer Anwendungen (Oxidation, Adsorption, Kondensation und biologische Behandlung). Es wird ein Vergleich der Abscheideleistung der am häufigsten verwendeten Techniken für verschiedene Arten von Lösemitteln bei verschiedenen Eintrittskonzentrationen dargestellt. [148, TWG, 2006]

Die folgenden Gesichtspunkte können bei der Anlagenwahl, der Bauart und Optimierung helfen, aber auch Beratung durch Fachkundige sollte gesucht werden:

- **diskontinuierliche Emissionen:** bei diskontinuierlichen Prozessen, schwankenden und kleinen Beladungen sind Techniken, wie eine einfache thermische Nachverbrennung (Verbrennung) oder Adsorption (z.B. in Patronen/Kartuschen) am kosteneffektivsten
- **Wahl der thermischen Behandlung bei kontinuierlichen Vorgängen** [112, Verspoor and manufacturer], 2005]**:** bei kontinuierlichen Emissionen sollte eine Mehrfach-Bett-Nachverbrennung in Betracht gezogen werden. Der Energiebedarf für die Abluftabsaugung und die Stützfeuerung ist höher. Tabelle 20.8 zeigt die erforderlichen Behandlungen, um die verschiedenen Emissionsbereiche zu erreichen.

| VOC-Konzentrationen im Abgas nach der Behandlung (mgC/Nm$^3$) | erforderliche Behandlung |
|---|---|
| 20 mg C als 24 h-Durchschnitt | 3-Bett Nachverbrennung |
| 50 mg C als 24 h-Durchschnitt | 2- oder 3-Bett Nachverbrennung (abhängig von der max. VOC-Eintritts-konzentration |
| 100 mg C als 24 h-Durchschnitt | 2-Bett Nachverbrennung |
| 20 mg C permanent | 3-Bett Nachverbrennung |
| 50 mg C permanent | 3-Bett Nachverbrennung |
| 100 mg C permanent | 3-Bett Nachverbrennung |

**Tabelle 20.8: Einfluss auf den Emissionswert in Abhängigkeit von der Wahl einer Doppelbett oder 3-Bett-Nachverbrennung**
**[112, Verspoor and manufacturer], 2005]**

Die Investitionskosten für eine Doppelbett-Nachverbrennung sind 10 bis 15 % geringer als bei einem 3-fach-Bett. In Verbrennungsanlagen mit regenerativer Vorheizung (regenerative thermische Nachverbrennung, RTNV-Anlagen) wird der größte Teil der Prozessenergie durch integrierte Wärmetauscher zurückgewonnen (>95 %). Deshalb ist der Energiebedarf in der Abgasbehandlung zum Erreichen von 20mg/m³ für behandeltes Abgas nicht entscheidend höher als der Energiebedarf zum Erreichen von nur 50mg/m³ oder 100mg/m³. Man hat aber einen höheren Energieverbrauch für den Hauptventilator der Abluftsystems. Und die Wartungskosten sind höher. Werden die Prozesstemperaturen geringer, weil höhere VOC-Konzentrationen im behandelten Abgas gestattet werden, können die CO-Emissionen erheblich ansteigen.

- **Der Effekt des Energieverbrauchs unterhalb autothermer Bedingungen:** Zur Darstellung des Effekts der laufenden Kosten einer Verbrennung, bei der sich der durchschnittliche Lösemittelgehalt verfahrensbedingt mit der Zeit verringert, z.B. wegen des abnehmenden Lösemittelgehalts des verwendeten Lackiermaterials siehe Bild 20.6. Es zeigt Werte für die Abgasverbrennung einer Flexodruck- Verpackungsanlage. Die Menge des verwendeten Gases nach dem autothermen Punkt steigt bei mittlerem und geringem Volumenstrom exponentiell an.

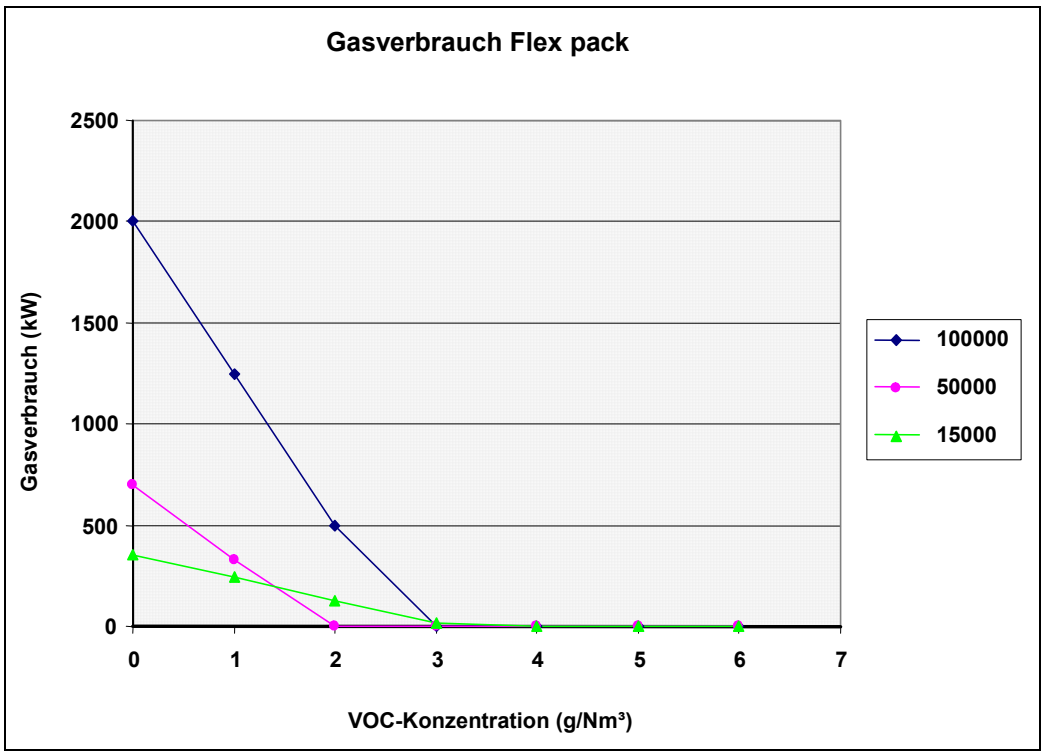


**Bild 20.6: Beispiele für den Gasverbrauch unterhalb des autothermen Punktes bei Flexoverpackungen [112, Verspoor and manufacturer], 2005]**

- **Kosten-Nutzen des Energieverbrauchs zur Überwachung geringer Lösemittelemissionen:** das BVT-Merkblatt ECM beschreibt Wege zur Berechnung und Interpretation von medienübergreifenden Effekten für alternative Prozessoptionen durch Zuordnen der Emissionen zu sieben Umweltwirkungen (Bereiche). Diese Effekte können verglichen werden unter Verwendung eines Maßstabes von relativen Effekten für einzelne freigesetzte Stoffe und ihre Toxizitäten (siehe auch Abschnitt 20.10). Es ist aber schwierig, einen Effekt mit einem anderen zu vergleichen, wie z.B. photochemische Ozonbildung mit Erderwärmungspotential, und eine weitere medienübergreifende Bewertung ist erforderlich.

  Eine alternative Methode zum Vergleich der unterschiedlichen Effekte ist der Vergleich der Kosten von negativen externen Effekte (Schäden oder negative soziale Grenzkosten). In diesem Fall schließen Schäden an der Umwelt die menschliche Gesundheit ein. Es mag weniger Daten dafür geben, es sind aber Daten für Luftemissionen vorhanden (siehe weiter unten in diesem Abschnitt). Diese Methode kann verwendet werden, um die Effektivität der verschiedenen Handlungsoptionen zu vergleichen. Z.B. kann die Verbrennung eines Stützbrennstoffes, um geringere VOC-Emissionen im Abgas zu erhalten, mit weiteren Maßnahmen zur Minderung diffuser Emissionen verglichen werden. Die freigesetzten Tonnen $CO_2$ pro Jahr können für den zusätzlich verbrannten Brennstoff zur Zerstörung einer bekannten Menge (in Tonnen) an VOC-Emissionen berechnet werden (z.B. Minderung des Emissionswertes von 10 auf 3 mg C/$m^3$ für einen bekannten Abgasstrom). Das kann dann mit den zugehörigen sozialen Grenzkosten multipliziert und verglichen werden. Beim Vergleich der Schäden durch $CO_2$ mit denen von VOC ist das einfach: Schäden durch NOx müssen auch berücksichtigt werden (sofern bekannt). Auch der CO2-Beitrag durch das verbrannte VOC sollte dazu gerechnet werden.

  Jüngere Daten zu einer Reihe von sozialen Grenzkosten des Klimaschutzes zeigen eine konkretisierende Schätzung von 20 bis 25 €/t $CO_2$ für das Jahr 2000,, ansteigend auf 34 €/t $CO_2$ im Jahr 2020 (siehe Anhang 24.8) [116, AEA, et al., 2005]. Der Handelspreis von EU-Emissionszertifikaten betrug 19 bis 23 €/t $CO_2$ während des Sommers 2005 und ging runter auf 15 € während des Sommers 2006. Die meisten Studien sagen einen Preis für EU-Emissionszertifikate von 5 bis 10 €/t $CO_2$ für die Periode 2005 bis 2007 voraus, und zwischen 10 und 25 €/t $CO_2$ für die Periode 2008 bis 2012.

Daten aus der Kosten-Nutzen-Analyse für den CAFE-Prozess (siehe BVT-Merkblatt ECM) geben Schäden pro Tonne VOC-Emissionen an. Der Schwankungsbereich von Durchschnittswerten unter verschiedenen Annahmen für die EU-25 (ohne Zypern) liegt zwischen 950 und 1.400 €/t Emissionen. Die geringsten und höchsten Werte für einzelne Länder liegen zwischen 140 bis 4000 €/t Emissionen. Es wurde ein SOMO 35 Ansatz mit verschiedenen Sensitivitätsanalysen verwendet. Die Länder unterscheiden sich in der Bevölkerungsdichte und unterschiedlichen Auswirkungen der Bildung von bodennahem Ozon, so dass nationale und örtliche Werte für einzelne Anlagen verwendet werden könnten.

Wenn man die beiden Datensätze vergleicht, ist es wichtig, im Kopf zu behalten, dass einige Auswirkungen ausgeschlossen sein können, dass es Modellannahmen gibt und erhebliche statistische Unsicherheiten. Auch wenn diese Werte zur Schätzung von Kosten-Nutzen-Beziehungen auf nationaler, EU- oder internationaler Ebene herangezogen werden, können sie nicht einfach auch für Berechnungen von einzelnen Anlagen benutzt werden, oder sie berücksichtigen nicht die lokalen Umweltqualitätsstandards.

Auf EU-Ebene gibt es eine Reihe von durchschnittlichen VOC-Schadenskosten im Vergleich zu Kosten um eine Tonne an VOC zu behandeln (Kosten für 40000 bis 175000 $m^3$ Erdgas). Die Bandbreite eine Tonne VOC zu behandeln liegt bei 32 bis 140 Tonnen an $CO_2$, siehe Tabelle 20.9. Diese Kostenverhältnisse beziffern die Kosten für die Behandlung einer Tonne VOC auf 14.000 bis 63.000 €, was den Grenzschaden einer Tonne VOC 10 bis 66-fach überschreitet (auf Basis von Gaskosten von 7.52 bis 10.48 € pro GJ in 2006). Zwei Länder (Belgien und die Niederlande) verwenden Kosten-Nutzen-Benchmarks von 3200 und 4500 € (jeweils) als Gesamtkosten pro behandelter Tonne VOC. Das würde darauf weisen, dass diese Vergleiche erheblich die ökonomische Machbarkeit wegen Verbrennung dieser Menge an Gas auf EU-25-Ebene überschreiten würde. (Es kann sein, dass die sozialen Grenzkosten für verwendetes $CO_2$ zu gering sind.)

Diese Werte berücksichtigen keine $CO_2$ oder $NO_X$ Wirkungen, die aus der Oxidation der VOCs entstehen.

| Soziale Grenzkosten des Klimawandels €/t $CO_2$ | Grenzkosten für VOC €/t Emission | Tonnen an $CO_2$, um 1 Tonne VOC zu behandeln | $10^3$ $m^3$ an Erdgas, um 1 Tonne VOC zu behandeln * |
|---|---|---|---|
| 10 | 950 | 95 | 119 |
| 10 | 1400 | 140 | 175 |
| | | | |
| 20 | 950 | 48 | 60 |
| 20 | 1400 | 70 | 88 |
| | | | |
| 30 | 950 | 32 | 40 |
| 30 | 1400 | 46 | 58 |
| * Auf Basis der Dichte von Erdgas von 0.8 kg/$m^3$ unter Normalbedingungen | | | |

**Tabelle 20.9: Vergleich der sozialen Grenzkosten des Klimawandels mit Schadensgrenzkosten durch VOC-Emissionen (siehe Annex 24.8)**

- **Einfluss des Grenzwertes für CO:** Der CO-Wert nach der Verbrennung hängt im Wesentlichen von der Verbrennungskammer ab, der Temperatur und der Verweilzeit des Abgases in der Verbrennungskammer. CO-Werte können verringert werden durch:
  - Erhöhen der Temperatur in der Verbrennungskammer (führt zu höheren Betriebskosten). Meist ist es ausreichend die Verbrennungstemperatur auf rund 850 °C zu erhöhen. Bei VOC-Konzentrationen nahe oder über dem autothermen Punkt geschieht das automatisch. Der Gesamteinfluss auf die Betriebs- oder Kapitalkosten in Bezug auf geringere CO-Werte kann als vernachlässigbar angesehen werden.
  - Erhöhen der Größe der Verbrennungskammer, um eine längere Verweilzeit zu erreichen (führt zu höheren Investitionskosten).
- **Ausgewogenheit zwischen CO-, $NO_X$ - und VOC-Minderung:** Keine Daten übermittelt
- **Wartung:** siehe Abschnitt 20.11.1.2 unten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Durch Abgasbehandlung kann eine VOC- und Geruchsminderung erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Energieverbrauch des Absaugsystems kann erheblich sein. Der Energieverbrauch zum Erreichen geringer VOC-Konzentrationen kann bedeutend sein. Lärm kann ein bedeutender Faktor sein. Das Verbrennen von 40.000 bis 175.000 $m^3$ an Erdgas, um 1 Tonne VOC zu zerstören, ist nicht unbedingt nachhaltig.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Kosten-Nutzen des Energieverbrauchs zur Einhaltung geringer Lösemittelemissionen: Der Vergleich der sozialen Grenzkosten für $CO_2$ mit denen für VOC ist derzeit zu vereinfacht. Es gibt Synergien und antisynergistische Effekte zwischen Luftverschmutzung und Klimagasemissionen. Man muss dabei im Kopf behalten, dass einige Auswirkungen nicht in die Betrachtung eingeschlossen sind (z.B. die Minderung der $CO_2$-Emissionen kann auch $NO_x$, $SO_x$ und möglicherweise $PM_{2.5}$ reduzieren). Das macht es so komplex, Kosten und Nutzen aufzuteilen. Zusätzlich gibt es Modellannahmen und erhebliche statistische Unsicherheiten. Auch wenn diese Zahlen abgeleitet wurden zur Schätzung von Kosten und Nutzen auf nationaler, EU- oder internationaler Ebene, können sie nicht übertragen werden auf die Berechnung für eine einzelne Anlage oder lokale Umweltqualitätsstandards berücksichtigen.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe Anwendbarkeit oben.

**Gründe für die Einführung:**

- Absaugung: Gesundheit- und Sicherheit am Arbeitsplatz
- alle Aspekte: Geruch, EU-Lösemittelrichtlinie, nationale Gesetzgebung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005, 165, ECN, 2005] [116, AEA, et al., 2005, 166, AEA and Institute, 2005] [67, EIPPCB, 2003] ec.europa.eu/environment/air/cafe/activities
www.engineeringtoolbox.com/gas-density-d_158.html
Energiekosten: Eurostat http://epp.eurostat/ec.europa/eurostat.

### 20.11.1.2 Anlagenwartung

**Beschreibung:** Alle Abgasanlagen müssen gewartet werden, vorsorglich als auch bei Unterbrechungen. Unbehandelte Emissionen können minimiert werden durch:

- geplante Wartungen (siehe Abschnitt 20.2.6). Wo es notwendig ist, die Hauptabgasbehandlungsanlage abzuschalten (das kann einige Tage Abkühlung bedeuten, bevor die Anlage angefasst werden kann), können die Emissionen durch eine Wartung minimiert werden:
  - während Zeiten mit geringer oder keiner Produktion (z.B. Abschaltung während der Urlaubszeit)
  - während Zeiten, wenn die Emissionen die geringsten Auswirkungen haben, d.h. für VOC-Emissionen während Zeiten mit geringem Sonnenlicht, geringer Wahrscheinlichkeit von Inversionswetterlagen usw. Das hängt vom Wetter, der Jahreszeit und örtlichen Bedingungen ab
- Überwachung der Hauptanlagenteile auf Probleme wie Vibrationen, Lecks und geplante Reparaturen (wie oben)
- Verwenden dezentraler/fest zugeordneter Behandlungssysteme, so dass sich die Abschaltung/Reparatur nur auf betroffene Anlagenteile auswirkt (siehe Abschnitt 20.11.1.6)
- so schnell wie möglich bei Abschaltungen oder festgestellten Fehlern Handeln.

**Erreichte Umwelteffekte**: Minderung der Gesamtemissionsfracht. Allgemein können Fehler an der Verbrennungsanlage zu einer Erhöhung der VOC-Emissionen von 0,4 % der Jahresgesamtmenge pro Tag führen, siehe Abschnitt 2.4.2.5.4.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004].

### 20.11.1.3 Umgehen/Überbrücken von Emissionsspitzen (Spitzenlastsenkung)

**Beschreibung:** Der maximale Luftstrom jedes Trockners ist so ausgelegt, dass er sicher die zu trocknende maximale Menge an Lösemittelbeladung pro Zeiteinheit bewältigen kann (z.B. beim flexiblen Verpackungsdruck sind das 100 % Oberflächenabdeckung mit einer dicken Lackschicht). Der maximale Abluftstrom der Anlage ist gleich der Summe aller maximalen Abluftströme aus jedem Trockner. Das ist die theoretische Kapazitätsanforderung an die Verbrennung (wenn es keine Überbrückung gibt). Der maximale Abluftstrom der gesamten Anlage wird aber nur sehr selten erreicht, weil (a) die meisten Trockner nicht die maximale Menge an Lösemittel während der Betriebszeit absaugen und (b) Maschinen für erhebliche Zeiträume stillstehen (beim Flexoverpackungsdruck mit Volllast stehen die Maschinen 50 % der Zeit still). Als Ergebnis erhält man, dass mindestens 20 % der theoretischen Verbrennungskapazität fast nie benutzt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine bedeutende Minderung des Energieverbrauchs, weil die notwendige Kapazität der Behandlungsanlage geringer ist, erhält man dadurch, dass man kleinere Ventilatoren benötigt und weniger zusätzlichen Brennstoff zum Betrieb thermischer Behandlungstechniken.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Man hat Simulationen an einer fiktiven Anlage für Flexoverpackungsdruck durchgeführt mit einem Lösemitteleinsatz von rund 1000 t pro Jahr und einem maximalen Luftstrom von 80000 $m^3$/h. Jeder in Tabelle 20.10 gezeigte Schritt steht für eine Kapazitätsänderung von 2000 $m^3$/h und marginale Zusatzinvestitionskosten von 20.000 bis 30.000 €.

| Verbrennungskapazität in % des max. Luftstroms | kg Lösemittel überbrückt pro Jahr | Lösemittel überbrückt in % Lösemitteleinsatz der Anlage | Grenzkosten in €/t zur Behandlung |
|---|---|---|---|
| 92.5 – 95.0 | 240 | 0.024 | 24000 |
| 90.0 – 92.5 | 990 | 0.099 | 5800 |
| 87.5 – 90.0 | 1290 | 0.129 | 4470 |
| 85.0 – 87.5 | 2270 | 0.227 | 2560 |
| 82.5 – 85.0 | 4040 | 0.404 | 1450 |
| 80.0 – 82.5 | 6190 | 0.619 | 950 |
| 77.5 – 80.0 | 9040 | 0.904 | 670 |

**Tabelle 20.10: Emissionen und Kosten in Bezug auf die Verbrennungskapazität [4, Intergraf and EGF, 1999]**

**Anwendbarkeit:** Diese Technik kann in Verbindung mit Spitzenlastverringerung durch Zusatz von Abgasströmen mit geringer Lösemittelkonzentration, wenn die Behandlungskapazität nicht ausgenutzt ist, verwendet werden, siehe Abschnitt 20.11.1.4.

Das Auslegen von Abgasbehandlungsanlagen für weniger als den maximalen Abgasstrom ist akzeptabel, wenn man erwarten kann, dass die maximale Last nur sehr selten im Betrieb erreicht wird. In diesem Fall kann die Möglichkeit der Überschreitung der betriebsbedingten Maximallast (und Wechsel auf Bypass/Umgehung) durch ein Anlagenmanagement minimiert werden.

Zusätzlich muss im Falle der Umgehung auftretendes unbehandeltes Abgas im Lösemittel-managementplan als Teil der gesamten Abgasemissionen berücksichtigt werden. Diese Technik kann möglicherweise nicht angewendet werden, wenn Abgasemissionsgrenzwerte angewendet werden, und deshalb ist diese Technik wahrscheinlich nur anwendbar bei Verwenden eines Emissionsminderungsplanes.

**Wirtschaftlichkeit:** Das BVT-Merkblatt ECM berechnet durchschnittliche Grenzschäden (einschließlich Gesundheitseffekte) pro Tonne emittierter VOC in der Spanne von 950 bis 2800 € innerhalb der EU-25: die Kosten variieren in Abhängigkeit vom Ort, und individuelle Berechnungen für einzelne Länder können auf bis zu 8000 € steigen.

Bezogen auf ein Jahr, führt die Überbrückung von weniger als 1 % der Lösemittelemissionen zu einer Reduzierung der notwendigen Kapazität und damit zu Einsparungen bei den Investitionen und den laufenden Kosten von bis zu 50 %. Es kann kostengünstiger sein, diffuse Emissionen um ein paar mehr Prozent zu mindern als die Behandlungsanlage auf die volle Absaugkapazität auszulegen.

**Gründe für die Einführung:** Kostenvorteile und Umweltmanagementsysteme, siehe Abschnitt 20.1.2.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004] [97, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

#### 20.11.1.4 Nutzen von Überkapazität – Glätten von Schwankungen

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 20.11.2.4. Vorhandene Abgasbehandlungen (z.B. Verbrennungsöfen) nutzen allgemein nicht die volle Kapazität, denn häufig ist eines der Oberflächenbehandlungsmodule abgeschaltet (Druckpresse, Spritzkabine, Trockner usw.), oder eine Anzahl von Trocknern ist nicht in Betrieb. Während dieser Zeit kann die überschüssige Kapazität benutzt werden für eine örtliche Absaugung, wie in Abschnitt 2.4.2.5.2 beschrieben. Dazu braucht man eine extra Verrohrung und eine Vorrichtung, die den Verbrennungsofen vor einer zu hohen Beladung durch überbrückte Luftströme mit geringer Konzentration schützt in den Fällen, wenn man die volle Kapazität für die Pressen braucht.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der Lösemittelemissionen. Geringerer Energieverbrauch als bei gleichmäßiger Extraktion (siehe Abschnitt 2.4.2.5.2).

**Medienübergreifende Effekte:** Die Lösemittelkonzentration des erzeugten Luftstrom muss beachtet werden. Sie wird geringer sein als zuvor und kann außerhalb der Auslegung des Verbrennungsofens liegen, die für autothermen Betrieb notwendig ist, und erfordert zusätzlichen Brennstoffverbrauch.

**Betriebsdaten:** Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie. Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz. Überwachung der Gefahrenwerte.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine Nachrüstung der Anlage kostet mehr als 100.000 €. Die Betriebskosten sind geringer, zusätzliche Investitionskosten können vermieden werden (z.B. für einen größeren Verbrennungsofen).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

### 20.11.1.5 Konstanthalten von Lösemittelkonzentrationen durch variable Geschwindigkeiten der Ventialtoren

**Beschreibung:** Die meisten zentralen Abgasbehandlungsanlagen verwenden variabel einstellbare Ventilatorengeschwindigkeiten, um den Luftstrom anzupassen, damit er zur Abluft der Anlage passt, die gerade in Betrieb ist.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzieren der Lösemittelemissionen, während der Energieverbrauch zur Absaugung und Stützfeuerung minimiert wird.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Der Flexoverpackungsdruck erfolgt im Chargenbetrieb. Einzelne Pressen können in 30 bis 50 % der Zeit beim Einrichten oder bei Wechseln offline sein. Während dieser Zeit arbeitet die Presse nicht. Wird eine Nachverbrennung für nur diese eine Presse verwendet, muss diese Brennstoff verbrennen, um die Temperatur aufrecht zu erhalten.

Es ist insbesondere von Bedeutung bei der regenerativen thermischen Nachverbrennung, dass nur lösemittelbeladene Luft verbrannt wird und möglichst oft der autotherme Betrieb aufrecht erhalten bleibt, bei dem kein zusätzlicher Brennstoff notwendig ist.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004]

### 20.11.1.6 Zugeordnete/Dezentrale Abgasbehandlungsanlagen für jede Punktquelle

**Beschreibung:** Jede einzelne Druckanlage oder Drucklinie kann eine zugeordnete Abgasbehandlungsanlage haben. Wenn sie z.B. in den/die Trockner integriert ist, ermöglicht dieses System, die Wärme des Abgases einfach zur Aufheizung der Trocknerluft zu verwenden.

Eine Druck- oder Lackierlinie ist nicht von nur einer Abgasbehandlungsanlage abhängig. Beim Illustrationstiefdruck z.B. besteht der Vorteil, dass jede Druckanlage eine eigene zugehörige Abgasadsorptionsanlage hat, darin, dass wenn die Aktivkohle gereinigt werden muss, nur eine Druckanlage betroffen ist. Das Reinigen einer zentralen Adsorptionsanlage betrifft meistens mehrere Druckanlage.

**Erreichte Umwelteffekte:** Im Vergleich zur allgemeinen zentralen Abgasbehandlungsanlage können höhere Abscheideleistungen erreicht werden. Das ist möglich, weil die Kapazität der Behandlungsanlage genau zu den Anforderungen der Druck- oder Lackierlinie passt. Bei Anpassungen der Gesamtanlage, z.B. bei Werkserweiterungen mit einer extra Druck- oder Lackierlinie, ist das einfacher mit zugeordneten Behandlungsanlagen als bei einer Zentralanlage.

Bei Integration in den Trockner minimiert diese Technik den Wärmeverlust und damit den Energieverbrauch, da die Abhitze sehr effizient genutzt werden kann.

Die Auswirkungen von Ausfällen oder Wartungen können gemindert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Siehe Beschreibung oben.

**Anwendbarkeit:** Angewendet in Anlagen zum Illustrationstiefdruck. Auch anwendbar beim Heatset-Offsetdruck, da nur eine Druckanlage einen Trockner hat, der in eine thermische Abgasbehandlungsanlage integriert werden kann. Die Energieeinsparungen kann man mit den zusätzlichen Investitionskosten aufrechnen. In beiden Fällen aber nur bei neuen Druckanlage anwendbar.

Wird als Standardverfahren in der Automobilindustrie angewendet.

Nicht angewendet in Anlagen zum Verpackungstiefdruck, die eine zentrale Adsorptionsanlage und verschiedene Adsorber haben. Jeder Adsorber kann individuell bei der Wartung abgekoppelt werden ohne Einfluss auf die Emissionen und den Betrieb der Druckanlage.

Nicht angewendet in der Bandblechbeschichtung.

**Wirtschaftlichkeit:** Dieses Verfahren ist teurer als eine zentrale Abgasbehandlungsanlage. Abhängig von der vorhandenen Anlage, kann die Energieeinsparung aber erheblich sein. Die Installation einer zugeordneten Abgasbehandlungsanlage an einer Presse ist billiger als die Erweiterung einer bestehenden Behandlungsanlage.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetrieb:** Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [54, BMLFUW Austria, 2003] [13, DFIU und IFARE, 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.11.1.7 Zentrale Abgasbehandlung

**Beschreibung:** Beim Flexoverpackungsdruck gibt es keinen Vorteil bei zugeordneten Abgasbehandlungen. Druckanlage sind mit 8 bis 12 Trocknern ausgerüstet. Und die Luft aller Trockner der verschiedenen Druckanlagen wird zu einer zentralen thermischen Behandlung geleitet. Der Grund dafür ist, dass die Abgasreinigungsanlage für eine einzelne Druckanlage sich typischerweise unmittelbar auf dem Dach über der Druckanlage befindet. Die Begrenzung der Dachlast verbietet die Verwendung größerer, schwererer Abgasanlagen. Eine zentrale Abgasbehandlungsanlage, wie z.B. eine regenerative thermische Nachverbrennung, kann, unmittelbar neben dem Gebäude liegend, in adäquater Größe für größere Verweilzeiten und hohe thermische Effizienz gebaut werden.

Der Flexoverpackungsdruck erfolgt auch häufig im Chargenbetrieb. Einzelne Pressen können durch Einrichten oder Wechsel 30 - 50 % der Zeit offline sein. Während dieses Stillstandes der Druckanlage muss eine pressenzugehörige Nachverbrennungsanlage weiterhin Brennstoff zur Aufrechterhaltung der Temperatur verfeuern. Die meisten zentralen Abgasbehandlungssysteme benutzen variable Ventialtorengeschwindigkeiten (siehe Abschnitt 20.11.1.5) zur Modulierung des Luftstromes, um sich an das Abgas einer beliebigen Anzahl an Druckanlagen, die in Betrieb sein können, anzupassen. Verbrennt die regenerative thermische Nachverbrennung nur abgas-beladene Abluft, kann sie oft autotherm betrieben werden, wobei kein zusätzlicher Brennstoff erforderlich ist.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [54, BMLFUW Österreich, 2003] [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

## 20.11.2 Einhausung und Erfassung von Abgasen

Dieser Abschnitt beschreibt die Einhausung und Sammlung von Abgas aus dem Auftrag von Lacken/Beschichtungen und dem Trocknungsprozess. Die Handhabung und Lagerung von Lösemitteln wird im Abschnitt 20.2.2.1 diskutiert. Die Wahl des Sammel- und Behandlungssystems wird auch im BVT-Merkblatt „Abwasser- und Abgasbehandlung in der chemischen Industrie“ diskutiert [67, EIPPCB, 2003].

### 20.11.2.1 Kapseln/ Einhausen

**Beschreibung:** Teile der Maschine oder ganze Linien können gekapselt oder eingehaust werden, um die Freisetzung von diffusen Emissionen zu verhindern. Die Einhausung kann auch aus Gründen der Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz erfolgen, um das Risiko von Verletzungen an der Maschine zu reduzieren oder den Lärm zu mindern.

**Erreichte Umwelteffekte:** Mindert diffuse Emissionen und Lärm. Vermindert das abzusaugende Luftvolumen (und damit nötige Energie) und reduziert die Größe jeglicher Abgasbehandlungsanlage (und dort verwendete Energie).

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Weitverbreitet anwendbar, z.B. bei Illustrationstiefdruckmaschinen.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005].

### 20.11.2.2 Luftabdichtungen am Eingang und Ausgang von Öfen/Trocknern

Siehe auch Abschnitte 20.11.2.1 und 14.4.8.2.

**Beschreibung:** Luftabdichtungen am Eingang und Ausgang von Öfen/Trockern unterstützen die Verhinderung von diffusen Emissionen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung diffuser Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet in der Bandblechbeschichtungsindustrie. Trockner benötigen normalerweise Unterdruck (siehe Abschnitt 20.11.2.3).

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.2.3 Unterdruck im Trockner

Siehe auch Abschnitte 20.11.2.1 und 14.4.8.2.

**Beschreibung:** Trockner werden mit Unterdruck betrieben, um das Entweichen von VOCs zu minimieren. Typischerweise beträgt der Lufteintrag 70 - 75 % des Abgasvolumens.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzierung der diffusen VOC-Emissionen. Unterdruck ist Ursache für den Luftstrom in den Trockner und begünstigt die Fassung der VOC-Dämpfe aus der Nasslackbeschichtung und, dass diese in den Trockner eingeführt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Benötigt ein Absaugsystem.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet in der Bandblechbeschichtungsindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

### 20.11.2.4 Abluftabsaugung aus Beschichtungs-/ Lackierprozessen

**Beschreibung:** Die Luft kann aus den Bescichtungsmaschinen, die bei den Hauptprozessen Anwendung finden, abgesaugt werden, das sind z.B. Druckmaschinen, Bandblechlinien, Autolackierlinien. Die Beschichtungsanlage kann offen sein (in dem Fall wird der ganze Raum abgesaugt: das wird in einigen Branchen aus Gesundheits- und Sicherheitsgründen gemacht) oder teilweise oder ganz eingehaust sein. Die abgesaugt Luft kann behandelt werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduzieren der diffusen Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Absaugung erfordert Energie. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Bereiche, wo die lösemittelhaltigen Rohstoffe gemischt werden, z.B. um eine bestimmte Viskosität oder Farbe zu erhalten, können mit Absauganlagen ausgerüstet sein, und die lösemittelbeladene Luft wird zu einer Abgasbehandlungsanlage geführt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein anwendbar.

Im Flexo- und Verpackungstiefdruck wird die Luft aus den Mischbereichen abgesaugt aber normalerweise nicht verbrannt.

Beim Flexoverpackungsdruck können moderne Lackiermaschinen komplett eingehaust sein, und die Kapselung wird mit Unterdrucktrocknern entlüftet. Alle Emissionen werden einer Verbrennungsanlage zueführt.

In Bandblechbeschichtungsanlagen werden die Emissionen aus Prozessanlagenteilen, die im Vergleich zum Betrieb aus Trocknern unbedeutend sind, direkt in die Außenluft geleitet. Wegen des sehr großen Luftstromes bräuchte man große Energiemengen, um diesen Luftstrom zu behandeln. Die notwendige Energie würde den Umweltvorteil, den man aufgrund der Behandlung erhält, überwiegen. Die Abluft aus den Trocknern (und aus der Beschichtung bei neueren Anlagen) wird abgesaugt und thermisch nachverbrannt.

Für die Lackierung großer Teile wie z.B. Flugzeugrümpfe und Schiffe, kann die Einhausung oder Absaugung nicht praktikabel sein.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.2.5 Abluftabsaugung aus Trocknungsprozessen

**Beschreibung:** Die Trockner und Öfen sind mit einer Abluftabsaugung ausgerüstet, die die Lösemittelemissionen zur Abgasbehandlung leiten.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der diffusen Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Absaugung erfordert Energie. Die Lärmwerte können zunehmen.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein anwendbar.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

### 20.11.2.6 Abluftabsaugung aus der Abkühlzone

**Beschreibung:** Nach Trocknung/Härtung kann eine Kühlung stattfinden. Der Bereich, in dem die Kühlung stattfindet, kann eingehaust sein. Das lösemittelbeladene Abgas kann abgesaugt und anschließend einer Behandlungsanlage zugeleitet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Allgemein angewendet bei Bandblechbeschichtungsanlagen (siehe Abschnitt 14.4.8.7).

**Wirtschaftlichkeit:** Mit hohen Kosten verbunden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004], [76, TWG, 2004]

### 20.11.2.7 Abluftabsaugung bei Reinigungsprozessen

**Beschreibung:** Bereichen, in denen Maschinen- und Ausrüstungsteile gereinigt werden, entweder von Hand oder automatisch, sind mit einer Abluftabsaugung ausgerüstet, welche die Lösemittelemissionen zu einer Abgasbehandlungsanlage leitet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der diffusen Lösemittelemissionen.

**Medienübergreifende Effekte:** Absauganlagen benötigen Energie. Die Lärmwerte können zunehmen.

**Betriebsdaten:** Es kann sein, dass die Anlagen zur Reinigung selten und in unregelmäßigen Abständen benutzt werden. Sie mit einer Abgasbehandlungsanlage zu verbinden, kann Extrakapazitäten erfordern, die selten gebraucht werden.

**Anwendbarkeit:** Siehe Abschnitt 20.9.

Die Reinigung von Hand führt zu sehr niedrigen Lösemittelkonzentrationen, und eine Absaugung kann erforderlich sein, um sicher unterhalb der MAK-Werte zu bleiben. Es ist normalerweise nicht praktikabel, dieses niedrig konzentrierte Abgas einer Verbrennung zuzuführen.

Automatische Reinigung: bevor die Maschine geöffnet wird, ist eine Belüftung erforderlich. Während einer kurzen Zeit treten sehr hohe Konzentrationen auf. Normalerweise werden diese einer Verbrennung zugeleitet, insbesondere wenn die Abgasbehandlungsanlage nicht voll ausgelastet ist. Das wird bei Verpackungsdruckanlagen praktiziert, da diese normalerweise mit einem Abgasbehandlungssystem ausgerüstet sind.

Nicht anwendbar bei der Wickeldrahtherstellung wegen des hohen Siedepunktes der Lösemittel im Schmelzlack.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten werden von der vorhandenen Absauganlage und der Kapazität des Abgasbehandlungsverfahrens abhängen. Nachrüstung kann deshalb sehr teuer sein. Es können aber kleine Verbrennungsanlagen an automatische Waschmaschinen angeschlossen werden.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.2.8 Abluftabsaugung bei der Lagerung der Rohstoffe und von Abfällen

**Beschreibung:** Aus Sicherheitsgründen können neue Materiallager und lösemittelhaltige Abfälle, wie z.B. in Behältern gelagerte schmutzige Tücher und lösemittelhaltige Reste (siehe Abschnitt 20.2.2.1), einen/mehrere individuelle/n Absaugpunkt/e haben. Der Absaugpunkt sollte auf geringer Höhe liegen, weil die lösemittelhaltigen Dämpfe schwerer als Luft sind.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der diffusen Emissionen, wenn das Abgas behandelt wird.

**Medienübergreifende Effekte:** Lärmwerte können ansteigen. Der Energieverbrauch für die Absaugung steigt an.

**Betriebsdaten:** Allgemein angewendet in Anlagen zum Illustrationstiefdruck.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen und allen abgeschlossenen Lagern für lösemittelhaltige Abfälle. Ob die abgesaugte Luft in eine Abgasbehandlungsanlage eingeleitet wird, wird vom Volumen und der Konzentration abhängen. Die VOC-Konzentrationen sind gewöhnlich niedrig.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten sind gering im Vergleich zu den Gesamtkosten einer Lösemittelrückgewinnungsanlage. Die Einsparungen für jedes kg zurück gewonnenes Toluol betragen ungefähr 0,50 €. Die zusätzlich benötigte Kapazität kostet aber Geld. Die Kosten pro nicht-emittiertem kg sind hoch.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 20.11.3 Vorbehandlung, Filtration und Wäsche

### 20.11.3.1 Erhöhen der Lösemittelkonzentration in der Anlage

**Beschreibung:** Wenn man zulässt, dass die lösemittelbeladene Abluft im Trockner oder der Spritzkabine zirkuliert (nach ausreichender Partikelabscheidung und Entfeuchtung), erhöht man die Lösemittelkonzentration in der Umluft und daraus folgend erhöht man die Effizienz der Lösemittelreduktion der Abgasbehandlungsanlage. Das kann man auch 'interne Konzentration' (anlageninterne Konzentrationserhöhung) nennen.

Die Minderung des Abluftvolumens ist begrenzt durch die Notwendigkeit, ein Brand- oder Explosionsrisiko auszuschließen: je geringer der Volumenstrom, desto höher die Lösemittelkonzentration und umso größer ist die Gefahr von Bränden oder Explosionen. Eine Voraussetzung zur Anwendung dieser Technik in Trocknern ist deshalb, eine niedrigschwellige Explosionsgrenzwertüberwachung, um sicher zu gehen, dass die Umluftrate im Trockner so ausgelegt ist, dass die maximal mögliche auftretende Lösemittelkonzentration nicht einen gewissen Prozentsatz der UEG des betroffenen Lösemittels übersteigt.

Tabelle 20.11 zeigt den Prozentwert der UEG, der als sicher beim Flexoverpackungsdruck angesehen wird:

| Situation | Maximum % UEG |
|---|---|
| **Trockner mit offener Flamme oder elektrisch beheizt** | **25** |
| **Trockner mit offener Flamme oder elektrisch beheizt mit anspruchsvoller Sicherheitsausrüstung** | **50** |
| **Trockner mit Thermoöl oder Dampf beheizt** | **50** |

**Tabelle 20.11: Maximal erlaubte Werte der UEG in Trocknern beim Flexoverpackungsdruck [4, Intergraf and EGF, 1999]**

Neben der 'internen Konzentration' kann man auch die 'externe' Konzentration anwenden, z.B. durch einen Adsorptionsschritt vor der Verbrennung; siehe Abschnitt 20.11.6.1.

**Erreichte Umwelteffekte:** Beim Flexo- oder Verpackungstiefdruck, wo keine Maßnahmen zur Reduzierung des Luftstroms der Trockner ergriffen wurden, wird die mittlere Lösemittelkonzentration im Abgas womöglich nicht mehr als 1 bis 2g/m$^3$ betragen.

Für Lösemittel wie Ethanol, Ethylacetat oder Methylethylketon (MEK) liegt die UEG bei der relevanten Betriebstemperatur irgendwo in der Nähe von 50 g/m$^3$. Der 25%-Wert der UEG wird so zwischen 10 und 12 g/m$^3$ liegen. Das wird die maximale Konzentration an jedem der Trockner sein, und diese kann nicht an jedem Trockner zur gleichen Zeit erreicht werden. Wurden Maßnahmen zur Begrenzung des Volumenstroms ergriffen, kann die mittlere

Lösemittelkonzentration auf 4 – 6 g/m$^3$ ansteigen. Diese Werte erlauben eine regenerative Nachverbrennung ohne zusätzlichen Brennstoff.

Geminderter Energieaufwand bei geringeren Temperaturen weil die Luft bereits aufgeheizt wurde und Restwärme enthält, deshalb benötigt rezirkulierte Luft weniger Energie, um die optimale (Kabinen-)Lufttemperatur zu erreichen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wenn die Kosten der Behandlungsanlage keine Rolle spielen, werden oft große Sicherheitsabstände eingehalten. Diese müssen aber, wenn Investitionen in die Behandlungsanlage erforderlich sind, neu bewertet werden. Der Sicherheitsabstand bestimmt den maximalen Abgasstrom und damit die minimale Größe der Behandlungsanlage.

Es wurde berichtet, dass eine Umluftführung ohne aktive UEG-Überwachung betrieben werden kann. Die maximal erlaubte Umluftführung hängt von den Sicherheitsbestimmungen ab. Oftmals sind 25% der UEG erlaubt, wenn die Aufheizung mit Dampf oder Thermoöl erfolgt. Bei elektrischer Heizung oder offener Flamme können die Regelungen schärfer sein.

In der Automobilindustrie kann eine höhere Umluftführung bei Wasserlack-Lackieranlagen erreicht werden, weil durch den geringeren Lösemittelgehalt die MAK-Werte (beim Spritzauftrag von Hand in der Kabine) oder die Explosionsgrenze (bei automatischen Kabinen) nach längerer Zeit erst erreicht werden. Die Umluftführung kann aber durch strengere Betriebsparameter, die Wasser-basierte Spritzkabinen bezüglich Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfordern, begrenzt sein.

**Anwendbarkeit:** In Situationen, bei denen geringe Lösemittelkonzentrationen mit großen Abgasvolumenströmen kombiniert sind, ist eine gewisse Lösemittelkonzentration für einen wirtschaftlichen Betrieb erforderlich. Bei konventionellen Trocknern und Spritzkabinen ist die Erhöhung der Lösemittelkonzentration im Abluftstrom anwendbar.

Diese Technik wird allgemein bei Trocknern bei Druckprozessen des Illustrationstiefdrucks (zur Verbesserung der Toluolrückgewinnung), beim Flexodruck und im Verpackungstiefdruck sowie in der Automobilindustrie angewendet. Beim Illustrationstiefdruck haben neue Druckpressen einen so großen Abluftstrom, dass die Erweiterung einer vorhandenen Rückgewinnungsanlage nicht wirtschaftlich ist. Genehmigungen für neue Druckpressen pflegen geringere Emissionsgrenzwerte zu haben, die zu den Schwierigkeiten der Erweiterung einer bestehenden Rückgewinnungsanlage hinzukommen.

Wird allgemein bei der Herstellung von Schleifmitteln angewendet, wo die maximale Geschwindigkeit der Produktionslinie bei 50% der UEG der Stoffe mit dem geringsten Flammpunkt liegt: die Durchlaufgeschwindigkeit wird elektronisch auf diesen Wert überwacht.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der erhöhten Lösemittelkonzentration und des verringerten Abluftstroms hängen nicht nur von Alter und der Bauart der Druckanlage ab, sondern auch vom Ausmaß der erreichten Minderung. Wo eine nachgeschaltete Behandlung installiert ist, sollte man generell den Abluftstrom verringern, bis die Grenzkosten für weitere Minderungen gleich den Grenzkosten einer zusätzlichen Kapazität der Behandlungsanlage sind. Für Verbrennungsanlagen bei Druckanlagen sind das ungefähr 10 bis 15 € pro m$^3$/h.

Das Reduzieren des Abluftstroms verringert auch den Energieverbrauch. Wenn weniger Luft verwendet wird, muss weniger aufgeheizt werden. In Situationen, bei denen die Trockentemperatur gering ist (40 bis 60 °C), rechtfertigen die Einsparungen nicht unbedingt die Investitionen.

**Gründe für die Einführung:** Geringe Investitionskosten, geringere Betriebskosten der Behandlungsanlage einschließlich geringerer Energieerfordernis.

**Beispielbetriebe:** Fordwerke in Europe. Alle modernen Verpackungstiefdruckanlagen.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [4, Intergraf und EGF, 1999] [12, UBA Germany, 2002] [13, DFIU and IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.3.2 Erhöhen der externen Lösemittelkonzentration

**Beschreibung:** Die Konzentration der Lösemittel in der Abluft kann erhöht werden durch eine kontinuierliche Zirkulation der Spritzkabinen- oder Trocknerluft durch eine Adsorptionsanlage. Diese Anlagen können sein:

- Festbettadsorber mit Aktivkohle oder Zeolitpolymeren
- Wirbelschichtbettadsorber mit Aktivkohle
- Rotationsadsorber (Adsorptionsrad) mit Aktivkohle.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird die Übertragung der Lösemittelbeladung auf einen externen Heißluftstrom im Verhältnis 1:6 bis 1:30 (abhängig von der Rohgaskonzentration) erreicht. Ein vergleichbar kleiner Abgasluftstrom kann wirtschaftlich über eine Verbrennung entsorgt oder für die Wiederverwendung kondensiert werden, z.B. als Reinigungslösemittel.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhter Energieverbrauch.

**Betriebsdaten:** In der Automobilindustrie muss der Luftstrom vor dem Adsorptionsschritt von Feinstaub gereinigt werden, andernfalls wäre der Betrieb der Adsorption beeinträchtigt. Ein Wert von kleiner $1 – 3$ mg/m$^3$ ist notwendig, das kann durch eine Anzahl von Techniken erreicht werden, einschließlich:

- elektrostatische Nassabscheidung
- Hochdruckventuriwäscher
- Kassettenfilter.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren wird nur verwendet, wenn die Kosten für die Erhöhung der Konzentration und Verringerung des Abluftstromes geringer sind als die Kosten von zusätzlichen Behandlungskapazitäten. Das ist nicht anwendbar, wenn die Konzentrationen groß genug sind für eine autotherme Verbrennung.

Wird gewöhnlich angewendet bei sehr großen Volumenströmen mit geringen Konzentrationen, die behandelt werden müssen (z.B. 250000 m³/h mit 0.25 g/m³), und selbst bei diesen Strömen ist der Kostennutzen nicht sicher, weil man erhöhte Betriebskosten hat (für Lüfter, Heizung und Kühlung usw.).

Ist auch auf bestimmte Arten von Lösemitteln beschränkt. Sie müssen bei annehmbaren geringen Temperaturen leicht vom Zeolith oder von der Kohle wieder gelöst werden können, andernfalls verblocken sie die Kohle und verringern deren Lebensdauer.

In der Automobilindustrie wird diese Technik weitverbreitet auf das Abgas aus Spritzkabinen (lösemittelbasierte Lacke) angewendet. Es kann bei Spritzkabinen mit Wasser-basierten Lacken angewendet werden, aber das ist meist unökonomisch wegen des reduzierten Lösemittelgehaltes im Abluftstrom.

Diese Technik wird allgemein bei der Herstellung von Klebstoffen angewendet.

Rotationsadsorber (Adsorptionsräder) mit Aktivkohle oder Zeolitpolymeren erfahren eine drastische Minderung der Effektivität, wenn die Temperatur des Lösemittelgases 38 °C übersteigt. Das macht Adsorptionsräder zu einer schlechten Wahl für die Flexoverpackungsindustrie. Wird nicht verwendet beim Illustrationstiefdruck, beim Heatset- und Flexoverpackungsdruck.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Lösemittelaufkonzentration zur Wiederverwendung gegenüber dem Neukauf des Materials bedeuten, dass diese Anwendung abhängig von den örtlichen Kostenbedingungen und dem Preis des Neumaterials erfolgt.

**Gründe für die Einführung:** Reduzierte VOC-Emissionen und die Möglichkeit der Wiederverwendung des Abgases.

**Beispielbetriebe:** Fordwerke in Europa.

**Referenzliteratur:** [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

### 20.11.3.3 Erhöhen der externen Abluftkonzentration unter Verwendung von Luftkammern (Plenum)

**Beschreibung:** Ein Plenum/Luftkammer ist definiert als ein luftgefüllter Raum, dergestalt, dass er Luft aus einem Gebläse zur Verteilung erhält (als eine Belüftungsanlage). Bei diesem Verfahren ist dies der wesentliche Bestandteil der Anlage zur externen Rezirkulation der Abluft aus den Trocknern, um die Lösemittelkonzentration zu erhöhen und das Nettoluftvolumen zu vermindern, welches in einer Abgasbehandlungsanlage behandelt werden muss.

Die Abluft von mehreren Trocknern, oftmals aus unterschiedlichen Lackieranlagen, wird in eine große Kammer geleitet - das Plenum. Die Trockner entnehmen einen großen Teil ihrer Ansaugluft aus dieser Kammer. Die Trockner ergänzen ihre Ansaugluft mit Luft aus der Umgebung der Lackieranlagen. Folglich: wird mehr Abluft in das Plenum geschickt, wird sie von den Trocknern aufgenommen. Die Überschussluft des Plenums wird einer nachgeschalteten Behandlungsanlage zugeleitet.

Die Lösemittelkonzentration im Plenum wird ständig gemessen. Die Konzentration in der Luft, die die Trockner aus dem Plenum entnehmen, kann nahe an 25% der UEG liegen. Die Trockner entnehmen genügend Frischluft aus der Umgebung, so dass die Konzentration im Abgas nicht über die 25 % der UEG ansteigt. Wird die Konzentration im Plenum zu hoch für diese Zwecke, wird mehr Luft aus ihr abgezogen und das Luftvolumen im Plenum wird mit Frischluft ergänzt.

Eine Luftkammer/Plenum ist eine Alternative zur Rezirkulation interner Luft im Trockner.

**Erreichte Umwelteffekte**: Das Nettoluftvolumen, das mit dieser Technik behandelt werden muss, ist sehr stark reduziert. Ein autothermer Betrieb des Abgasbehandlungsverfahrens wird möglich. Die Energierückgewinnung aus der Verbrennung wird möglich.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird auch Energie eingespart, weil die Nettoluftmenge, die im Trockner aufgeheizt werden muss, auf die Luftmenge, die aus der Umgebung aufgenommen wird, reduziert wird.

**Betriebsdaten:** Wo Trockner ohne interne Rezirkulation verwendet werden und die Lösemittelkonzentration am Auslass nicht mehr als ein oder zwei g/m³ beträgt, ist der zu behandelnde Nettoluftstrom um bis zu 80 % gemindert.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in Situationen, wo geringe Lösemittelkonzentrationen in der Auslassluft des Trockners auftreten und eine interne Rezirkulation der Trocknerluft technisch nicht möglich ist oder überproportional teuer wegen der großen Anzahl an Trocknern in der Anlage. Solche Situationen können z.B. auftreten, wo mehrere ältere Flexodruck- oder Tiefdruckanlagen mit acht oder mehr Trocknern pro Presse verwendet werden.

Die Einlasstemperatur wird bei allen Trocknern dieselbe sein. Das kann zu Schwierigkeiten führen, wenn einige Trockner eine höhere Temperatur benötigen als andere.

**Wirtschaftlichkeit:** Ein Plenum ist keine billige Technik. Wo eine interne Rezirkulation im Trockner möglich und die Anzahl der Trockner begrenzt ist, könnten die Nettokosten einer internen Rezirkulation, kombiniert mit einer größeren Nachverbrennung, billiger sein.

**Gründe für die Einführung:** Wo anwendbar (siehe oben) und ökonomisch vorteilhaft im Vergleich zu Alternativen.

**Beispielbetriebe:** LPF, Leeuwarden, Niederlande.

**Referenzliteratur:** [167, Verspoor and Sitmae Consultancy, 2005]

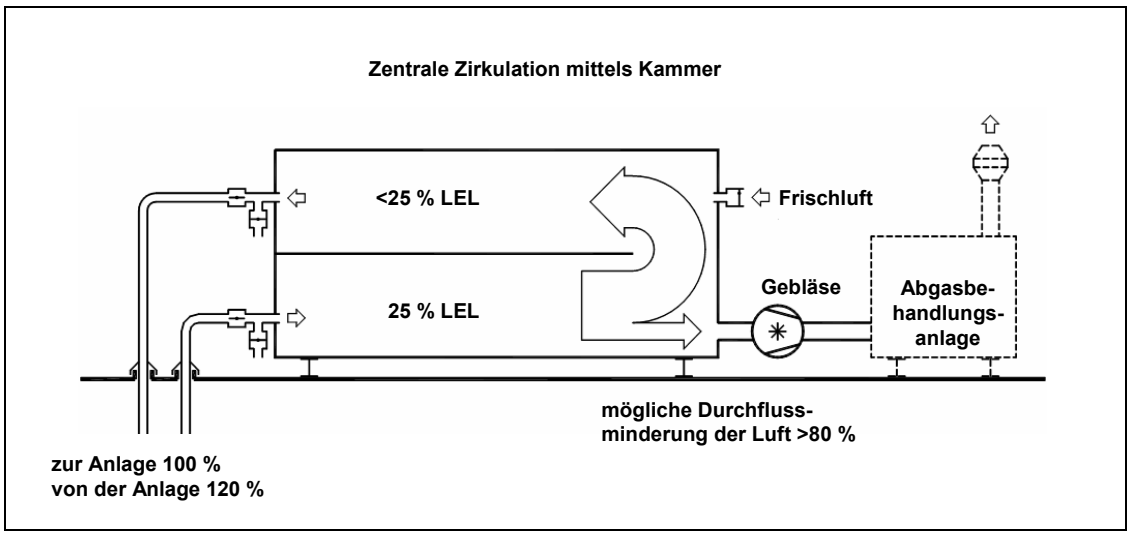


**Bild 20.7: Plenum/ Luftkammer**

### 20.11.3.4 Membranfiltration

**Beschreibung:** Das ist ein Verfahren zur Aufkonzentration, bei dem VOC-reiches Gas durch ein organisches selektives Membranmodul geleitet wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** die VOCs aus dem VOC-reichen Permeat können zurück gewonnen werden, z.B. durch Anwendung einer Kondensation (siehe Abschnitt 20.11.5) oder Adsorption (siehe Abschnitt 20.11.6).

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Filterung benötigt. Es fällt Retentat an, das nach einer weiteren Behandlung letztendlich entsorgt werden muss.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Membranen arbeiten bei spezifischen Molekülen besser.

Dieses Verfahren wird nicht in der Wickeldrahtherstellung angewendet, da die Lösemittel nicht im Prozess wiederverwendet werden können. Nicht angewendet bei Metallverpackungen oder in der Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004]

### 20.11.3.5 Staubabscheidung mit Venturidüsen

**Beschreibung:** Das Lackpartikel enthaltende Abgas wird zusammen mit Wassertropfen mittels einer Venturidüse beschleunigt. Es erfolgt eine intensive Vermischung, gefolgt von einer Abscheidung der schwereren Partikel. Werden wasserbasierte Lacke verwendet, kann der separierte Lack wiederverwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es wird eine Partikelabscheidung von über 99 % erreicht, und ein Reststaubgehalt von <3 mg/m³ (bei neuen Wäschern) und <5 mg/m$^3$ (für herkömmliche Quer(strömungs)wäscher) ist im Abgas erreichbar (siehe Abschnitt 20.11.3.8).

Die Effizienz beim Recycling von Overspray liegt im Bereich von 50 - 90 %, abhängig von der Art des Lackierprozesses.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Lärmwerte können ansteigen. Die Wassertröpfchen erzeugen eine Abwasserfraktion.

**Betriebsdaten:** Beim Spritzen von Lack fällt normalerweise Overspray an, der aufgefangen und behandelt werden muss. Verfahren nach dem Venturiprinzip werden normalerweise als erster Abscheideschritt für Lackiermaterial angewendet. Diese Primärabscheidung ist notwendig, um den sicheren Betrieb der gesamten Anlage zu gewährleisten, eine Luftrezirkulation zu ermöglichen und die Arbeitsbedingungen und umweltrechtlichen Anforderungen zu erfüllen.

**Anwendbarkeit:** Venturiverfahren werden normalerweise als Primärabscheideschritt für Lackiermaterialien angewendet.

Nicht in der Wickeldrahtherstellung angewendet, da eine Abscheidung nicht notwendig ist und eine Wiederverwendung nicht möglich ist. Auch nicht in Autolackieranlagen angewendet.

Venturiverfahren sind auch eine effiziente Methode zur Staubminderung.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Minderung der Staubemissionen in die Luft.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004]

### 20.11.3.6 Trockenfiltersysteme

**Beschreibung:** Trockenfiltersysteme kommen zur Entfernung von Staub aus dem Abgas zur Anwendung. Gewöhnlich verwendete Filtersysteme sind:

- Labyrinthfilter
- Papierfilter
- Filtermatten (‘Lackstopfilter’).

Trockenfilter zeigen eine gute Abscheidewirkung für Lackpartikel im Abgas von z.B. Spritzkabinen. Sie haben aber eine signifikant kürzere Standzeit bei der Abscheidung von klebrigen Lacksprays als für andere Staubarten und erfordern einen höheren Wartungsaufwand, wenn sie für diese Stoffe verwendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Staubabscheideleistung liegt im Bereich von 85 – 95 %. Labyrinthfilter erreichen normalerweise eine Abscheideleistung von 85 %, Papierfilter von 90 % und ‘Lackstopfilter’ von 95 %.

**Medienübergreifende Effekte:** Filtern benötigt Energie und erzeugt Abfall und Lärm. Das Risiko eines Brandes ist höher im Vergleich mit Nassabscheidetechniken.

**Betriebsdaten:** Beim Spritzen von Lack fällt normalerweise Overspray an, der aufgefangen und behandelt werden muss. Trockenfilter können als sekundärer Abscheideschritt nach einem Venturiwäscher, wie in Abschnitt 20.11.3.5 beschrieben, verwendet werden. Trockenfilter können als Vorbehandlung zu einer Lösemittel(auf)konzentration dienen (siehe Abschnitt 20.11.3.2). Der Reststaubgehalt hängt davon ab, ob das Abgas der Spritzkabine direkt in eine Abgasreinigungsanlage eingeleitet wird. Bei einer nachträglichen Abscheidung von Lackpartikeln nach dem Venturiwäscher, kann ein zusätzlicher Partikelabscheider notwendig werden. Eine Sekundärabscheidung kommt vor allem dann zur Anwendung, wenn ein rezirkulierter Luftstrom existiert, der zur Lösemittelrückgewinnung bestimmt ist, oder ein Schutz von dahinter liegenden Anlagenteilen (Rotor, Wärmetauscher) erforderlich ist.

**Anwendbarkeit:** Trockenfilter werden zunehmend in der Holzindustrie und Möbelherstellung angewendet. Sie werden allgemein bei der Herstellung von Schleifmitteln verwendet. Sie sind auch weitverbreitet in Verbindung mit zugehörigen Arbeiten, wie Schleifen, Schneiden, Sägen usw.

Diese Technik wird ist in der Autolackierung und in der Automobilindustrie nicht weit verbreitet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten sind gering, aber die Betriebskosten sind hoch.

**Gründe für die Einführung:** Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [63, Vito, 2003] [68, ACEA, 2004] [12, UBA Deutschland, 2002] [67, EIPPCB, 2003, 76, TWG, 2004, 128, TWG, 2005]

### 20.11.3.7 Elektrostatische Filter/ Elektrofilter (Abscheider)

**Beschreibung:** Elektrofilter (Abscheider) werden zur Entfernung von Staub aus dem Abgas verwendet. Die Partikel werden in einem elektrostatischen Feld aufgeladen und bewegen sich zum Plattenkondensator.
Die Partikel werden entfernt: mit Nasssystemen, durch Waschen mit Wasser.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Die Lärmwerte können ansteigen. Mit elektrostatischen Nassfiltern wird feuchter Abfall erzeugt und Abwasser, welches möglicherweise einer Behandlung bedarf.

**Betriebsdaten:** Beim Spritzen von Lack fällt normalerweise Overspray an, der aufgefangen und behandelt werden muss. Elektrofilter können als sekundärer Abscheideschritt nach einem Venturiwäscher, wie in Abschnitt 20.11.3.5 beschrieben, verwendet werden. Elektrofilter können als Vorbehandlung vor einer Lösemittelaufkonzentration dienen (siehe Abschnitt 20.11.3.2).

**Anwendbarkeit:** Keine Daten zu einer tatsächlichen Anwendung übermittelt.

Wird nicht in der Automobilindustrie, der Herstellung von Schleifmitteln oder beim Lackieren von Schiffen oder Flugzeugkomponenten angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Im Allgemeinen sind mit der Installation von Elektroabscheidern höhere Kosten als bei Trockenfiltern verbunden, die Betriebskosten sind aber geringer.

Installation/Investitionskosten: 60 bis 300 € für eine Anlage von 30.000 bis 200.000 Nm³/h. Betriebskosten: 0.05 bis 0.1 € pro 1000 Nm³/h bei Anlagen größer als 50.000 Nm³/h. Zusätzliche Kosten und Umweltauswirkungen durch das Entfernen/Entsorgen von Schlamm, Energiekosten (0.17 - 0.35 kWh/Nm³) für die Hauptanlage, der Lüftungsventilator verbraucht zusätzliche 0.17 - 0.5 kWh/Nm³ (publiziert in 2004).

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [67, EIPPCB, 2003, 68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006] [145, VITO, 2004]

### 20.11.3.8 Wäscher

**Beschreibung:** Lackpartikel im Abgas werden in von Abgas durchströmten Waschtürmen durch intensives Mischen von Abgas mit Wasser abgetrennt. Nasswäscher können auch zur Entfernung von Staub und anderen Schadstoffen, wie z.B. NOx, verwendet werden (siehe Abschnitt 20.11.9.3).

In der Automobilindustrie gibt es einen speziellen Wäscher, den sogenannten Venturiwäscher (er basiert auf dem Venturiprinzip), er wird verwendet, um eine ausgezeichnete Vermischung von Partikeln mit Wasser zu erreichen. Er wird ohne andere Vorbehandlung zur Abscheidung von Lackoverspray aus dem Abluftstrom verwendet.

**Erreichte Umwelteffekte:** Geminderte Partikel-/Staubemissionen in die Luft. Im Gas-durchströmten Wäscher werden rund 90 % der Lackpartikel abgeschieden (nach der Primärabscheidung, wie in Abschnitt 20.11.3.5 beschrieben).

**Medienübergreifende Effekte:** Filtern benötigt Energie und kann Lärm, Abfall und Abwasser erzeugen.

**Betriebsdaten:** Durch das Spritzen von Lack fällt normalerweise Overspray an, der möglicherweise aufgefangen und behandelt werden muss. Wäscher werden normalerweise als Sekundärabscheideschritt nach einem Venturiverfahren, wie in Abschnitt 20.11.3.5 beschrieben, angewendet. Der Wäscher kann anschließend als Vorbehandlung vor einer Lösemittelaufkonzentration dienen (siehe Abschnitt 20.11.3.2). Der Reststaubgehalt hängt davon ab, ob das gereinigte Abgas aus der Spritzkabine direkt in eine Abgasreinigungsanlage geleitet wird. Für eine nachträgliche Abscheidung von Lackpartikeln nach dem Venturiwäscher kann ein zusätzlicher Lackpartikelabscheider notwendig werden. Eine Sekundärabscheidung kommt vor allem dann zur Anwendung, wenn ein rezirkulierter Luftstrom, der zur Lösemittelrückgewinnung bestimmt ist, existiert oder ein Schutz von dahinter liegenden Anlagenteilen (Rotor, Wärmetauscher) erforderlich ist.

**Anwendbarkeit:** Siehe Beschreibung oben.

Nicht angewendet bei der Wickeldrahtherstellung.

**Wirtschaftlichkeit:** Kapitalkosten: 2000 bis zu 30.000 € pro 1000Nm³/h (Wäscher mit Rezirkulierpumpe); Kosten stark abhängig von der Anwendung, z.B. Art der Verunreinigungen des Gases.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [13, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [145, VITO, 2004]

## 20.11.4 Nachverbrennung

Anhang 24.9 stellt eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken zur Verfügung (Oxidation, Adsorption, Kondensation und biologische Behandlung) und ihre Anwendbarkeit. Es wird ein Vergleich der Abscheideleistungen der am weitesten verbreiteten Verfahren für verschiedene Arten von Lösemitteln bei unterschiedlichen Eintrittskonzentrationen dargestellt [148, TWG, 2006].

Wird Erdgas als Zusatzbrennstoff verwendet, können Emissionen von unverbranntem Methan, normalerweise unterhalb 50 mg/m$^3$, auftreten.

Enthält die Lösemittelmischung andere Bestandteile als H, C oder O, können gefährliche, toxische und/oder korrosive Nebenprodukte gebildet werden. Lösemittel, die halogenierte Verbindungen enthalten, bilden aggressive Abgase. Enthalten die Abgase Stickstoff, bilden sie NOx, und wenn sie Schwefel enthalten, bilden sie SOx. Es kann eine Oxidation von Lüftungen und Verrohrungen auftreten.

### 20.11.4.1 Zusatzbrennstoff bei der Prozessheizung

**Beschreibung:** Das zu behandelnde Abgas wird zu einem vorhandenen Heizaggregat (z.B. ein Dampfkessel) als Verbrennungsluft und Zuatzbrennstoff geschickt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Lösemittelemissionen werden behandelt, und die Emissionen aus dem Dampfkessel werden nicht verändert sein, da die Lösemittel anstelle von Brennstoff benutzt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Die Voraussetzung für die Nutzung eines vorhandenen Dampfkessels ist, dass er in Betrieb sein muss und dass er in der Lage sein muss, Dämpfe, wann immer sie anfallen, aufzunehmen. Die Dampfkessel arbeiten normalerweise kontinuierlich, die Lösemittelbeladung kann aber diskontinuierlich sein. Wo erforderlich, kann man niedrigere Werte wegen halogenierter Lösemittel erzielen, geringe VOC-Werte können aber zusätzlichen Brennstoff erforderlich machen.

Die Eingangskonzentrationswerte des Abgases sind nur durch die maximalen UEG-Werte begrenzt, und der zu behandelnde Gasstrom hängt von der Kapazität des vorhandenen Dampfkessels ab.

Dieses Verfahren kann alle Arten von Lösemitteln und Lösemittelmischungen behandeln, und es ist keine spezielle Vor- oder Nachbehandlung erforderlich, es ist aber übliche Praxis, eine geeignete CO-Überwachung zu verwenden.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren ist einfach anzuwenden und ist höchst geeignet für vorhandene Dampfkessel mit ausreichender Kapazität und für Produktionsprozesse mit einem hohen Energiebedarf.

Nicht anwendbar bei Lösemitteln, die Chlor, Schwefel oder Stickstoff oder andere gefährliche Lösemittel enthalten (siehe ‘medienübergreifende Effekte’ oben).

Wird nicht in der Wickeldrahtherstellung, in Autolackieranlagen, im Illustrationstiefdruck (in denen Lösemittelrückgewinnung durchgeführt wird), bei Heatsetverfahren oder im Flexoverpackungsdruck (keine Dampfkessel mit ausreichender Kapazität vorhanden) angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten steigen mit der Entfernung des Prozesses vom Dampfkessel an, allgemein ist das aber ein Verfahren mit niedrigen Kosten.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.4.2 Thermische Nachverbrennung

**Beschreibung:** Das Nachverbrennen (Oxidieren) von VOCs in einer einfachen Brennkammer durch chemische Reaktion mit Sauerstoff aus der Abluft.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es kann eine Abscheideleistung von mehr als >99 % (24-Stundenmittelwert) erreicht werden, das hängt aber von der Eingangskonzentration ab. Gewöhnlich werden Konzentrationswerte nach der Behandlung von 20 – 50 mg C/$m^3$ erreicht, es können aber noch geringere Werte erreicht werden. Wo erforderlich, können auch geringere Werte wegen halogenierter Lösemittel erreicht werden, geringere VOC-Werte können aber Zusatzbrennstoff erforderlich machen.

Es wurden Maximalwerte von unter 20 mg/$m^3$ für Phenol und Formaldehyd aus der Herstellung von Schleifmitteln berichtet.

Auch zur Geruchsbeseitigung verwendet.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird eine erhebliche Menge an Zuatzbrennstoff benötigt, um die erforderliche Verbrennungstemperatur zu erreichen: der Energieverbrauch ist höher als bei der rekuperativen oder regenerativen Nachverbrennung. Es treten Emissionen an $NO_X$, CO und $CO_2$ auf, der Maximalwert für jede dieser Substanzen liegt normalerweise unterhalb 200 $mg/m^3$.

Die Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Lösemittel im Abgas werden normalerweise bei Temperaturen von 680 - 750 °C zerstört. Das stellt eine fast vollständige Verbrennung der Lösemittelbeladung des Abgases sicher. Die Verbrennungskammer ist in ihrem Betrieb normalerweise auf Parameter eingestellt, die minimale Gesamtemissionen haben

Die Konzentration des Abgases ist nur begrenzt durch die maximalen UEG-Werte. Die Anfahrzeit der Anlage beträgt nur 5 Minuten. Es gibt keine Begrenzungen der Einlasstemperatur.

Die Brennkammer sollte kontinuierlich betrieben werden, wenn sie mit einer Ausmauerung (lining system) versehen ist, da die Ausmauerung warm gehalten werden muss. Die erforderliche Menge an Brennstoff zum Warmhalten während der Leerlaufzeiten ist ein bedeutender Gesichtspunkt bei Anlagen, die nicht kontinuierlich betrieben werden.

Die Staubkonzentration sollte unter 3 mg/Nm³ liegen, kann aber höher sein, wenn organische Staubpartikel verbrannt werden.

Die Anlagen können in den Trockner integriert werden oder als Zentralanlage für mehrere Trockner verwendet werden.

Nach der thermischen Nachverbrennung werden im gereinigten Abgas in der Automobilindustrie 10 mg C/m³ erreicht.

**Anwendbarkeit:** Insbesondere geeignet für hohe VOC-Konzentrationen (5 - 16 g/Nm³).

Es können kleinere und mittlere Abgasströme von <25000 $Nm^3/h$ behandelt werden. Dieses Verfahren arbeitet sehr wirtschaftlich bei Gasraten im Bereich von 5 - 1000 $Nm^3/h$ und ist höchst geeignet für den Chargenbetrieb, z.B. für einige Stunden pro Tag oder Woche oder einige Wochen pro Jahr. Es kann alle Arten von Lösemitteln und Lösemittelmischungen behandeln und benötigt keine spezielle Vor- oder Nachbehandlung.

Es wird allgemein bei der Herstellung von Schleifmitteln, insbesondere wenn eine rückgewinnbare Wärme nicht nutzbar gemacht werden kann, angewendet. Die Technik wird auch in der Automobilindustrie und bei der Lackierung von LKWs und Nutzfahrzeugen angewendet. Sie wurde auch bei Heatset-Druckvorgängen allgemein angewendet, heuzutage wird aber stattdessen die regenerative Verbrennung vorgezogen.

Dieses Verfahren wurde nicht in der Wickeldrahtindustrie angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** In Bezug auf die Investitionen ist dieses Verfahren das kostengünstigste Verbrennungsverfahren. Die Betriebskosten sind aber hoch, da man eine große Menge an Zusatzbrennstoff benötigt. Hohe Kapital- und erhöhte laufende Betriebskosten.

**Gründe für die Einführung:** Regulierung von Geruchsbelästigungen.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [12, UBA Deutschland, 2002] [54, BMLFUW Austria, 2003] [13, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [145, VITO, 2004]

### 20.11.4.3 Rekuperative thermische Nachverbrennung

**Beschreibung:** Das Prinzip der Zerstörung der Lösemittel durch Verbrennung ist das gleiche, wie in Abschnitt 20.11.4.2 beschrieben. Es wird aber Energie eingespart, weil das heiße Abgas zur Aufheizung der ankommenden lösemittelbeladenen Kaltluft genutzt wird oder zurück in den Trockenprozess geleitet wird. Auch wenn Wärmetauscher angewendet werden, kann es möglich sein, dass man immer noch Zusatzbrennstoff benötigt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine nahezu 100 %-ige Zerstörung von VOCs kann erreicht werden. Die allgemein erreichten Emissionswerte liegen unter <20 mg C/$m^3$ (24 Stundenmittelwert) oder <30 mg C/$m^3$ (1-Stundenmittelwert). Verglichen mit der thermischen Nachverbrennung können 50 – 70 % der Energie als Gesamtwärme im Wärmetauscher zurückgewonnen werden.

Typische erreichbare Emissionswerte beim Lackieren und Bedrucken von Metallverpackungen liegen im Bereich von 20 – 50 mg C/$Nm^3$. In dieser Branche, und insbesondere bei der Fassherstellung, werden gewöhnlich erreichte Abscheideleistungen von 95 % bis zu einem Maximum von 97 % berichtet. Es werden 10 mg C/$m^3$ im gereinigten Abgas bei Prozessen der Autoherstellung erreicht. In der Bandblechbeschichtungsindustrie werden typische Emissionswerte im Bereich von 20 – 50 mg C/$m^3$ erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Es treten $NO_X$, $CO_2$ und CO-Emissionen auf. Die Lärmwerte können ansteigen.

Auch wenn diese Technik weniger Energie benötigt als eine thermische Nachverbrennung (siehe Abschnitt 20.11.4.2), verbraucht sie immer noch eine bedeutende Menge an Energie wenn die VOC-Eingangskonzentration unterhalb der Grenze des autothermen Betriebes liegt, der bei 2 - 3 g/$m^3$ liegt. Der Brenner braucht immer eine Zündflamme (verbraucht Energie).

**Betriebsdaten:** Die Eingangskonzentrationswerte des Abgases sind nur durch die maximalen UEG-Werte begrenzt, und bei geringen VOC-Werten muss mehr Brennstoff zugefügt werden. Die maximale Eingangstemperatur ist 400 ºC. Es ist eine Temperaturüberwachung notwendig. Die VOC-Konzentration nach der Behandlung kann ebenfalls überwacht werden.

Die Energie, die die Nachverbrennung freisetzt, kommt aus dem Gas (Brennstoff) und aus der Verbrennung der Lösemittel. Wegen der hohen Temperatur der Verbrennungsgase kann ein großer Teil der Energie im Wärmetauscher zurückgewonnen werden zur Verwendung beim:

- Vorheizen von Dämpfen vor der Verbrennung auf rund 500 °C (um den Gasverbrauch in der Brennkammer zu mindern)
- Vorheizen der Einblasluft in den Ofen auf maximal 400 °C, insbesondere im Falle eines ‘Heißluftkonvektions-’ Ofens (zur Reduzierung und Unterbindung des Gasverbrauchs im Ofen)
- Vorheizen von Wasser (für Prozess- und /oder Sanitärzwecke)

Für den Fall von Verfahren mit ‘Infrarot-‘ oder ’Induktions-‘ Trocknung stehen nicht genug Daten zur Verfügung zur Bestimmung von Effekten/Auswirkungen auf den Primärenergieverbrauch. Es ist aber bekannt, dass nicht die gleichen Möglichkeiten für eine Energierückgewinnung bestehen.

Wo notwendig, können geringere Werte für halogenierte Lösemittel erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Es können kleinere und mittlere Abgasströme von <25000 $Nm^3$/h behandelt werden. Dieses Verfahren arbeitet sehr wirtschaftlich bei Gasraten im Bereich von 1000 – 15.000 $Nm^3$/h und ist höchst geeignet für kontinuierliche Prozesse und Abgas mit einer Lösemittelkonzentration von 6 – 12 g/$m^3$. Es kann alle Arten von Lösemitteln und Lösemittelmischungen behandeln und benötigt keine spezielle Vor- oder Nachbehandlung. Diese Technik kann kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden, da sie eine relativ kurze Anfahrzeit von unter einer Stunde hat.

Diese Technik wird allgemein angewendet in:

- Druckindustrie, immer mit Zusatzbrennstoff
- Bandblechbeschichtungsindustrie
- Automobilindustrie
- Fassherstellungsindustrie
- Metallverpackungsindustrie. Hohe VOC-Konzentrationen können aber zu Qualitätsproblemen bei Farblackierungen führen, z. B. kann sich Weiß verfärben.

Die Technik wird nur vereinzelt zur Lackierung von Schiffen angewendet und gar nicht in der Wickeldrahtherstellung.

**Wirtschaftlichkeit:** Liegen die Betriebstemperaturen über 700 °C, kann eine temperaturbedingte Materialermüdung die Betriebszeit der Wärmetauscher auf 8 bis 12 Jahre reduzieren. Die Investitionskosten für die Anlage liegen zwischen 150.000 und 250.000 € bei einem Durchsatz von 10.000 $m^3$/h.

**Gründe für die Einführung:** Die rekuperative thermische Nachverbrennung wird aus Energieeinspargründen angewendet, d.h. Kyoto-Protokoll.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [12, UBA Deutschland, 2002] [13, DFIU und IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [79, SEFEL, 2004] [58, ECCA, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.4.4 Regenerative thermische Nachverbrennung- Doppelbett

**Beschreibung:** Diese Nachverbrennung besteht aus einer Doppelbettanlage, wobei jedes Bett mit einer Keramikschüttung gefüllt ist. Ein Bett wird zur Vorheizung des zu behandelnden Abgasstroms verwendet, das andere wird durch das Abgas aus der Nachverbrennung aufgeheizt. Der Luftstrom wird regelmäßig umgedreht, um das Vorheiz- und das Wärmerückgewinnungsbett umzuschalten. Einige unverbrannte VOCs werden während der Umschaltung emittiert.

Anlagen zur regenerativen Nachverbrennung, die zugeführtes Abgas mit VOC-Konzentrationen oberhalb autothermer Bedingungen erhalten, werden auch 'flammlose Nachverbrenner' genannt. Ein flammloser Betrieb kann auch durch Anwendung der Direkteinspritzung (nur bei gasförmigem Brennstoff) und einer ausreichenden Konzentration an Sauerstoff im Rohgas erreicht werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Dieses Verfahren kann Emissionswerte im Bereich von 10 – 20 mg C/$Nm^3$ (24-Stundenmittelwert) und eine Abscheideleistung im Bereich von 95 – 99.5 % erreichen. Der erzeugte Energieüberschuss kann wiederverwendet werden und kann zu einer bedeutenden Gesamtenergieeinsparung führen.

In der Automobilindustrie werden Reingaskonzentrationen 10 mg C/$Nm^3$ erreicht. Beim Flexo- und Verpackungstiefdruck können Werte im Bereich von 10 – 20 mg C/$Nm^3$ erreicht werden. Bei diesen Werten liegen die Restemissionen bei <0.5 % und die Abscheideleistung beträgt logischerweise >99.5 %.

Bei der Herstellung von Schleifmitteln kann die regenerative Nachverbrennung mit Lösemittelkonzentrationen oberhalb von normalerweise 2 – 3 g/$m^3$ autotherm arbeiten. Bei Abgasvolumina von bis zu 66000 $Nm^3$/h erreichen die Anlagen Emissionswerte von <20 mg C/$Nm^3$ (Halbstundenmittelwert). Maximalwerte für Phenol und Formaldehyd liegen unterhalb 20 mg/$Nm^3$.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine im Vergleich mit konventioneller thermischer Nachverbrennung. Emissionswerte für CO, $CO_2$ und $NO_X$ liegen normalerweise unterhalb 100 mg/$m^3$. Die $CH_4$ –Werte liegen normalerweise unterhalb 50 mg/$m^3$.

Verbrennung benötigt Energie (Erdgas), hauptsächlich während der Anfahrvorgänge.

Eine geringe NOx-Bildung kann durch Anwendung von niedrigen Verbrennungstemperaturen im Bereich von 750 - 820 ºC oder sogar unterhalb von 750 °C erreicht werden. Eine typische erreichte Emissionskonzentrationen ist <50 mg/m$^3$.

Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Liegt die Lösemittelkonzentration in dem zu behandelnden Abgas im Bereich von 1.5 – 3 g/m$^3$, arbeitet das System autotherm, und es muss kein Zusatzbrennstoff zugeführt werden. Die Wärme des austretenden Reingases aus der Abgasbehandlungsanlage wird zur Erwärmung des Rohgases beim abwechselnden Aufwärmen der Betten benutzt. Bei Konzentrationen von 4 – 6 g/m$^3$ kann die Überschusswärme zurückgewonnen werden und zum Beispiel bei Produktionsprozessen eingesetzt werden. Um diese Werte zu erreichen, sind wahrscheinlich im Luftstrom des Trockners Konzentrationen erforderlich, wie in Abschnitt 20.11.3.1 beschrieben.

Das Verfahren ist empfindlich gegenüber vorhandenem Staub in der Gaszufuhr, da er die Keramikpackung zusetzen kann, eine gewisse Menge an brennbarem Staub ist aber akzeptabel. Die Temperatur wird geregelt, und nach der Behandlung kann die VOC-Konzentration kontinuierlich überwacht werden.

In einem durchschnittlichen Flexo- und Verpackungstiefdruckwerk ist die Menge an überschüssiger Wärme größer, als man nutzen kann. Das Oxidieren von einem Gramm Lösemittel kann einen m$^3$ Luft um 25 °C aufheizen. Es sind ungefähr 3 bis 4 g/m$^3$ verfügbar: genug, um jeden m$^3$ um 75 – 100 °C aufzuheizen. Der erforderliche Temperaturanstieg für die Trockenluft beträgt durchschnittlich aber nur um die 30 °C. Das bedeutet, für mehr als die Hälfte der zurückgewonnenen Energie müssen andere Möglichkeiten gefunden werden. Manchmal wird die Überschussenergie an Nachbarbetriebe verkauft. Dann muss die zurückgewonnene Energie transportiert werden. Zu diesem Zweck sind Dampf oder Thermoöl geeignet. Die meisten Trockner arbeiten aber mit einer offenen Gasflamme oder Elektrizität. Die Nutzung der Überschusswärme aus der thermischen Nachverbrennung für Trockner würde den Ersatz aller Trockner voraussetzen: eine Investition, die niemals eingespielt würde allein durch die geringeren Energiekosten.

Beim Beschichten und Bedrucken von tiefgezogenen Dosen (DWI) kann die Überschusswärme für verschiedene Arbeiten, wie Reinigungsprozesse und zur Aufheizung der Zuluft der Trockner, genutzt werden.

Bei der Bandblechbeschichtung werden die Dämpfe in Doppelkammern, die abwechselnd vorgeheizt werden, nachverbrannt. Die Kammern werden durch die Dämpfe aus der anderen Kammer, die gerade in Betrieb ist, vorgeheizt. Zum Anfahren der Anlage wird ein Gasbrenner benutzt, aber normalerweise nicht unter stabilen Bedingungen. Er kann sehr niedrige VOC-Konzentrationen in den Dämpfen verarbeiten. Die freigesetzte Energie aus der Nachverbrennung kommt nur aus der Verbrennung der Lösemittel. Wegen der Energieeffizienz der regenerativen Nachverbrennung sind die Abgastemperaturen gering und mindern die Möglichkeit der Energierückgewinnung. Verfahrensbedingt wird der größte Teil der Energie für die Nachverbrennung selbst zurückgewonnen, der Rest der Energie kann in Wärmetauschern zur Vorheizung der in den Ofen gedüsten Luft (bei geringer Temperatur) und zur Erwärmung von Wasser (für Prozesse und/oder Sanitärzwecke) zurückgewonnen werden.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren wird allgemein bei einem Volumen des Abgasstromes im Bereich von >1500 - 70000 Nm$^3$/h in einer Doppelbettanlage angewendet. Bei Volumenströmen von >70000 Nm$^3$/h sind Mehrbettanlagen wirtschaftlicher. Die maximale Eintrittstemperatur ist 400 ºC. Die maximale VOC-Eintrittskonzentration ist aus Sicherheitsgründen auf 25 % der UEG limitiert, normalerweise 12 g/m$^3$ (für Lösemittel wie Toluol, Ethylacetat oder Ethanol mit typischen UEG-Werten von rund 40 oder 50 g/m³). Der Sicherheitsabstand ist notwendig, um Explosionen im Keramikbett zu verhindern.

Um aber Emissionen <20 mg C/Nm$^3$ (Abscheideleistung ~ 98.75 %) zu erreichen, ist eine VOC-Eintrittskonzentration von <1.5 g/m$^3$ notwendig.

Dieses Verfahren kann alle Arten von Lösemitteln und Lösemittelmischungen verarbeiten. Bei

‚klebrigen' Substanzen ist ein regelmäßiges ‚Abbrennen' aber erforderlich. Bei siliziumhaltigen Kohlenwasserstoffen muss regelmäßig gereinigt werden, das sollte deshalb vermieden werden.

Dieses Verfahren wird am häufigsten für kontinuierliche Prozesse angewendet. Wird es auf diskontinuierliche Prozesse angewendet, wird es bei einer bestimmten Temperatur im Stand-by-Modus gehalten. Die Anfahrzeit beträgt ein bis vier Stunden.
Anlagen zur regenerativen Nachverbrennung dieser Bauart werden gewöhnlich angewendet bei:

- Flexo- und Verpackungstiefdruckanlagen
- Heatset-Offsetdruckanlagen
- der Herstellung von Schleifmitteln
- dem Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen (außer bei der Fassherstellung)
- der Bandblechbeschichtung
- in der Automobilindustrie.

Dieses Verfahren wird nur gelegentlich auf Schiffswerften angewendet und wird nicht verwendet in der Wickeldrahtherstellung.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionen für eine regenerative Nachverbrennung sind größer als für eine rekuperative Nachverbrennung. Die Investitions- und Betriebskosten werden bei nachgeschalteten Behandlungsanlagen größtenteils durch den maximalen zu behandelnden Luftstrom bestimmt. Die Investitionen können abgeschätzt werden: mindestens 200.000 € bei einer Kapazität von bis zu 10000 $m^3$/h, plus 10 – 15 € für jeden zusätzlichen $m^3$/h. Das schließt eine einfache zentrale Staubsammlung ein, aber nicht die Kosten für eine Optimierung des Abluftstroms (siehe Abschnitt 20.11.3.1). Der Brennstoffbedarf ist gering, so dass der elektrische „Ventilator" im Wesentlichen die laufenden Kosten bestimmt. Die Betriebskosten betragen rund 15.000 € pro Jahr bei einer Behandlung von 10.000 $m^3$/h.

Die Rückgewinnung und der Transport von Überschusswärme erfordern zusätzliche Investitionen. Die Investitionen sind so hoch, dass sie sich nur mit geringeren Energiekosten amortisieren, wenn die gesamte Überschusswärme tatsächlich genutzt wird und wenn keine zusätzlichen Investitionen notwendig sind, um diese Wärme nutzen zu können.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** AMCOR Flexibles in Gent, Belgien. HFP Bandstahl GmbH & Co KG in Bad Salzungen, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [35, Aminal, et al., 2002] [12, UBA Deutschland, 2002] [13, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [79, SEFEL, 2004] [58, ECCA, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.4.5 Regenerative thermische Nachverbrennung – Dreibett- oder Rotationsabluftverteilung

**Beschreibung:** Zur Beschreibung des Verfahrens siehe Abschnitt 20.11.4.4, anstelle von 2 Betten (Doppelbett) werden nun 3 Betten installiert. Das dritte Bett wird Spülbett genannt. Es sind auch Mehrfachbettanlagen (fünf oder sieben Betten) erhältlich. Anstelle von Mehrfachbettanlagen sind Ein-Kessel-Anlagen mit einem Rotationsabluftverteiler erhältlich. Diese Ein-Kesselanlagen bestehen aus verschiedenen Zonen (Betten oder ‚Tortenstücken').

**Erreichte Umwelteffekte:** Eine Drei-Bettanlage oder ein Rotationsabluftverteiler können Emissionswerte im Bereich von 10 – 20 mg C/$Nm^3$ (24 Stundenmittel) erreichen und Abscheideleistungen im Bereich von 98 - 99.9 %, abhängig von der Eintrittskonzentration und den Betriebsbedingungen. Das kann erreicht werden, da im Vergleich zu Doppelbettanlagen, keine unbehandelten VOC-Emissionen aufgrund des Umschaltens der Richtung des Abgasstroms auftreten. Verglichen mit einer konventionellen Nachverbrennung wird erheblich Energie eingespart. Die erzeugte Überschussenergie kann möglicherweise wiederverwendet werde.

**Medienübergreifende Effekte:** Verglichen mit einer herkömmlichen Nachverbrennung, wird Energie für größere Lüfter benötigt, um die Abluft durch die Wärmetauscher zu leiten. Emissionswerte für CO, $CO_2$ und $NO_X$ liegen normalerweise unterhalb 100 mg/m$^3$, und für $CH_4$ normalerweise unterhalb 50 mg/m$^3$. Die Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Dieses Verfahren wird gewöhnlich für Abluftströme im Bereich von >1500 - 120000Nm$^3$/h angewendet. Bei Abluftströmen von >70000 Nm$^3$/h sind Mehrfachbettanlagen wirtschaftlicher. Die maximale Eintrittstemperatur ist 400 ºC. Die maximale VOC-Eintrittskonzentration ist begrenzt durch den Wert der maximalen UEG, theoretisch 12 g/m$^3$.

Das Verfahren arbeitet autotherm mit VOC-Konzentrationen im Bereich von 1.5 – 3 g/m$^3$, aber das Verfahren ist auch anwendbar bei Konzentrationen >3 g/m$^3$. Bei Konzentrationen oberhalb autothermer Bedingungen kann die Überschusswärme zurückgewonnen und wiederverwendet werden.

Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei kontinuierlichen Prozessen angewendet. Wird es auf diskontinuierliche Prozesse angewendet, wird es bei einer bestimmten Temperatur im Stand-by-Modus gehalten. Die Anfahrzeit beträgt ein bis vier Stunden.

Dieses Verfahren kann alle Arten von Lösemitteln und Lösemittelmischungen verarbeiten. Bei ‚klebrigen' Substanzen ist ein regelmäßiges ‚Abbrennen' aber erforderlich. Bei siliziumhaltigen Kohlenwasserstoffen muss regelmäßig gereinigt werden, das sollte deshalb vermieden werden.

Das Verfahren ist empfindlich gegenüber vorhandenem eingetragenem Staub, ein gewisse Menge an brennbarem Staub kann toleriert werden.

**Anwendbarkeit:** Anlagen zur regenerativen Nachverbrennung dieses Typs werden gewöhnlich angewendet bei:

- Flexo- und Verpackungstiefdruckanlagen
- Heatset-Offsetdruckanlagen
- der Herstellung von Schleifmitteln
- dem Beschichten und Bedrucken von Metallverpackungen (außer bei der Fassherstellung)
- der Bandblechbeschichtung
- in der Automobilindustrie.

Dieses Verfahren wird nur gelegentlich in Schiffswerften und nicht bei der Wickeldrahtherstellung angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Verglichen mit einer Doppelbettanlage, betragen die zusätzlichen Investitionen rund 25 %.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.4.6 Katalytische Nachverbrennung

**Beschreibung:** Die Oxidation der VOCs erfolgt in Gegenwart eines Katalysators (normalerweise Platin). Wegen des Katalysators ist die notwendige Temperatur für den Oxidationsprozess auf 250 - 400 °C reduziert. Bei der Herstellung von Wickeldrähten liegt die Temperatur aber im Bereich von 500 – 750 °C. Überschusswärme kann zurückgewonnen werden, und Arten von rekuperativen oder regenerativen Wärmetauschern können angewendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Abscheideleistungen von 95 - 99 % werden erreicht. Eine typische erreichte Konzentration liegt im Bereich von 10 – 50 mg C/$Nm^3$. Verglichen mit der thermischen Nachverbrennung (siehe Abschnitt 20.11.4.2), wird weniger Zusatzbrennstoff benötigt. Die Verwendung eines Katalysators in Kombination mit Rückgewinnung von Überschusswärme erfordert weniger Energie als die rekuperative Nachverbrennung ohne Katalysator siehe Abschnitt 20.11.4.3.

Typische erreichte Emissionswerte bei der Wickeldrahtherstellung sind 5 g VOC/kg Produkt für Drähte mit einem durchschnittlichen Durchmesser größer 0.10 mm und 10 g VOC/kg Produkt für Drähte mit einem durchschnittlichen Durchmesser kleiner 0,10 mm. Es wird berichtet, dass gesetzliche Grenzwerte von 20 mg C/m³ eingehalten werden.

In der Druckindustrie können die oben genannten Abscheideleistungen unter folgenden Bedingungen erreicht werden: ein Abgasstrom von 1000 – 30000 $Nm^3$/h oder größer und einer VOC-Konzentration von >1 - 2 g/$Nm^3$. Typische Werte für das Heatsetdrucken (auch wenn derzeitig nur selten benutzt) und bei der Bandblechbeschichtung liegen im Bereich von 20 – 50 mgC/$Nm^3$.

**Medienübergreifende Effekte:** Katalysatoren müssen regelmäßig ersetzt/regeneriert werden. Zusatzbrennstoff ist notwendig; aber weniger als bei der thermischen Nachverbrennung. Lärmwerte können erhöht sein.

Typische erreichte Emissionswerte für CO und $NO_X$ sind <50 mg/$m^3$.

Die Wickeldrahtindustrie berichtet Emissionswerte für NOx von rund 10 g/kg Produkt für Drähte mit einem durchschnittlichen Durchmesser von größer 0,10 mm und 12.5 g/kg Produkt bei Drähten mit einem Durchmesser von unter 0,10 mm (siehe Abschnitt 20.11.9). Das hängt aber von der Menge an Stickstoff (N) im verwendeten Lösemittel ab.

**Betriebsdaten:** VOC-Konzentrationen von bis zu 5 g/$Nm^3$ können behandelt werden. Dieses Verfahren kann auf Abluftströme im Bereich von 10 – 30000 $Nm^3$/h angewendet werden. Es ist aber am geeignetsten für einen diskontinuierlichen Abluftstrom von bis zu 10000 $Nm^3$/h.

Bei einer Eintritttemperatur oberhalb 400 ºC ist keine Vorwärmung zum Erreichen der Starttemperatur des Katalysators erforderlich. Normalerweise wird wegen des Schwefelgehaltes und der damit verbundenen Giftigkeit für den Katalysator kein Öl als Brennstoff verwendet.

Dieses Verfahren kann kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden, wenn es aber kontinuierlich betrieben wird, ist die Lebensdauer des Katalysators auf 15.000 – 25.000 Stunden begrenzt.

Alle Arten von Lösemitteln und deren Mischungen können behandelt werden. Es muss aber das Vorhandensein von Verunreinigungen, die den Katalysator vergiften können, geprüft werden. Ist die Eintrittskonzentration zu hoch, kann das zur Überhitzung und Beschädigung des Katalysators führen. Dieses Verfahren ist auch sehr empfindlich gegenüber vorhandenem Staub oder Tröpfchen in der Abluft, deshalb ist eine Vorbehandlung des Abluftstromes erforderlich. Es ist auch empfindlich in Bezug auf Wechsel der Eintrittskonzentration. Halogenierte oder siliziumhaltige Kohlenwasserstoffe können auch Probleme verursachen.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren, einschließlich der Rückgewinnung von Abwärme, wird allgemein in der Wickeldrahtindustrie angewendet. Es wird manchmal in der Bandblechbeschichtungsindustrie verwendet. Die Automobilindustrie hat das Verfahren getestet, aber wegen Problemen mit Trübungen wurde es nicht allgemein angewendet.

Die katalytische Nachverbrennung wird in begrenzter Zahl in der Druckindustrie angewendet und nur bei Heatsetdruckprozessen. Heutzutage wird in diesen Fällen die regenerative Nachverbrennung gegenüber der katalytischen bevorzugt.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Hauptkostenfrage dieses Verfahrens ist der Katalysator, der regelmäßig (am Ende seiner Betriebszeit) ausgewechselt werden muss und regelmäßig durch Messungen überprüft werden muss. Allgemein sind die Kosten aber vergleichbar mit denen der regenerativen Nachverbrennung.

Die unten stehenden Preise sind repräsentativ für die flämische Holzindustrie und basieren auf realistischen theoretischen Betriebsparametern. Anlagenlieferer, die diese Informationen zugeliefert haben, betonen, dass es unmöglich ist, die Kosten auf andere Beispiele auf der Basis von Abluftmenge und VOC-Beladung zu übertragen. Somit sind diese Zahlen nur ein Hinweis und stichhaltig für die Zeit, zu der die Abschätzungen gemacht wurden (November 2004).

Preis angeboten durch Lieferanten A:
1) Luftmenge: 15000 Nm³/h
   - VOC-Eintrittskonzentration: 1500 mg/Nm³, VOC-Emission: <20 mg/Nm³
   - Preis: 325.000 €
2) Luftmenge: 59.000 Nm³/h
   - VOC-Eintrittskonzentration: 300 mg/Nm³, VOC-Emission: <50 mg/Nm³
   - Preis: 628.000 bis 770000 €.

Preis angeboten durch Lieferanten B:
1) Maximale Luftmenge: 15.000 Nm³/h
   - VOC-Eintrittskonzentration: 1500 mg/Nm³, VOC-Emission: <90 mg/Nm³
   - Preis: 300.000 €.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [12, UBA Deutschland, 2002] [58, ECCA, 2004] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [64, EWWG, 2004] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006]

### 20.11.4.7 UV-Oxidation

**Beschreibung:** Lösemittelbeladenes Abgas wird durch eine Serie von UV-Lampen geleitet. VOC-Moleküle werden durch Energie kurzer Wellenlänge aufgespaltet, und es wird Ozon aus Sauerstoff gebildet. Das Ozon reagiert mit den Fragmenten der VOC-Moleküle, die teilweise oxidiert werden. Die nachfolgende Einheit enthält einen Katalysator (hauptsächlich $TiO_2$), die Oxidation von Ozon und der VOC-Moleküle wird fortgesetzt, und das Überschussozon wird zerstört.

**Erreichte Umwelteffekte:** Für ein Abgas mit einer VOC-Konzentration von 0.5 g/Nm$^3$ beträgt die Abscheideleistung rund 95 %. Es sind VOC-Konzentrationen im behandelten Abgas von 25 - 50 mg/Nm$^3$ erreichbar.

**Medienübergreifende Effekte:** Energieverbrauch für die Lampen und Abgasventilatoren betragen zusammen 50 kWh pro 1000 m$^3$ behandeltes Abgas. Die Lampen emittieren Ozon (das zerstört wird) und enthalten Quecksilber, das mit entsprechender Vorsorge entsorgt werden muss. Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Die Temperatur des Abgases sollte nicht 60 ºC überschreiten, und die Feuchtigkeit sollte weniger als 85 % betragen.

Dieses Verfahren wurde ursprünglich zur Geruchsminderung entwickelt und zur Zerstörung toxischer Substanzen. Das Verfahren wird aber zunehmend zur kompletten Zerstörung von VOCs, insbesondere von Abgas mit geringen Konzentrationen, benutzt (im Durchschnitt <0.5 g/Nm$^3$ und gelegentliche Spitzen von <1.0 g/Nm$^3$).

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in der Holz- und Möbellackierindustrie bei Anwendung lösemittelbasierter Lacke. Das Verfahren wird gegenwärtig aber nicht in der Industrie angewendet.

Nicht angewendet in Autolackieranlagen.

Das Verfahren wird gegenwärtig in der metallurgischen Industrie und in der Elektronikindustrie zur Behandlung von VOC-Emissionen aus Spritzkabinen, wo lösemittelbasierte Lacke benutzt werden, angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** In einer Anlage, die einige 10000 $m^3$/h behandeln kann, betragen die Investitionskosten rund 5000 – 7000 € pro 1000 $m^3$/h Abgas. Nach 8000 Stunden müssen die UV-Lampen ausgewechselt werden, die Kosten betragen rund 0,06 – 0,2 € pro 1000 $m^3$/h Abgas. Die Energiekosten betragen rund 4 € pro 1000 $m^3$/h Abgas. Die Betriebskosten (einschließlich Lampen, Energie und Katalysator) liegen im Bereich von 3 – 25 € pro Kilogramm entferntes VOC.

In den spezifischen Situationen, in denen dieses Verfahren angewendet wird, wird die UV-Oxidation als billiger im Vergleich zur Adsorption an Aktivkohle oder zu jeder Art von thermischer Nachverbrennung berichtet. Es gibt aber keine Daten, die bestätigen, dass das auch auf Anlagen von IVU-Größe zutrifft.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [13, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005].

## 20.11.5 Kondensation

Anhang 24.9 stellt eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken (Oxidation/ Nachverbrennung, Adsorption, Kondensation, und biologische Behandlung) und ihrer Anwendbarkeiten dar. Es wird ein Vergleich der Abscheideleistungen der am meisten verbreiteten Verfahren für verschiedene Arten von Lösemitteln bei verschiedenen Eintrittskonzentrationen dargestellt. [148, TWG, 2006].

Das VOC-reiche Abgas wird bis zu dem Punkt heruntergekühlt, an dem eine erhebliche Menge der Dämpfe kondensiert. Schwere, niedrigflüchtige Lösemittel können bei Raumtemperatur zurückgewonnen werden, hochflüchtige Lösemittel müssen auf weit unter 0° C gekühlt werden, um 95 % oder mehr zurück zu gewinnen. Eine niedrige Kühlung hat bedeutende Nachteile in Form von hohen Energiekosten und Ausfrieren von Wasser an den Kühlelementen. Kühlen auf gerade über den Nullpunkt verhindert die Eisbildung, kondensiert aber das Wasser, was im kondensierten Lösemittel aufgenommen werden kann und eine teure Entwässerung notwendig macht.

Normalerweise können die zurückgewonnenen Lösemittel aus einem Kondensationsprozess wiederverwendet werden. Die unterschiedlichen Kondensationsverfahren werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

### 20.11.5.1 Direktkühlung

**Beschreibung:** Das VOC-reiche Abgas wird in direktem Kontakt mit dem Kühlstrom in einem Wäscher gekühlt. Das Verfahren der Kältesorption kombiniert den Effekt der Absorption mit dem der Kontaktkondensation (direct contact condensation).

**Erreichte Umwelteffekte:** VOCs können zurückgewonnen und möglicherweise wiederverwendet werden. Der Abscheidegrad ist bei (auf-)konzentrierten Volumenströmen größer.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Kühlung benötigt.

**Betriebsdaten:** Dieses Verfahren, allein angewendet, wird eventuell einige gesetzliche Anforderungen an Konzentrationswerte im Abgas nicht erfüllen.

**Anwendbarkeit:** Kälteabsorption wird oft als erster Reinigungsschritt für Abgase verwendet.

Dieses Verfahren wird nicht in Druckprozessen, der Wickeldrahtherstellung oder in Autolackieranlagen verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.5.2 Indirekte Kühlung

**Beschreibung:** Das VOC-reiche Abgas wird in einem Wärmetauscher unter Verwendung von Kühlwasser oder einem anderen Kühlmedium bei Temperaturen oberhalb von 0 ºC gekühlt.

**Erreichte Umwelteffekte:** VOCs können zurückgewonnen und möglicherweise wiederverwendet werden. Der Abscheidegrad ist bei (auf-)konzentrierten Volumenströmen größer, insgesamt gesehen, ist es aber ein wenig effizientes Verfahren.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Kühlung benötigt. Es fällt Wasser an, das vor dem Ableiten möglicherweise behandelt werden muss.

**Betriebsdaten:** Dieses Verfahren kann sinnvoll bei konzentrierten Strömen mit schwerflüchtigen Lösemitteln sein, es wird aber normalerweise mit einer weiteren Behandlung kombiniert.

**Anwendbarkeit:** Die Kondensation unter Verwendung von Temperaturen oberhalb 0 ºC ist nur anwendbar bei schwerflüchtigen Lösemitteln. Dieses Verfahren wird beim Heatset-Offsetdrucken, bei dem die Druckfarben auf schwerflüchtigen Lösemitteln basieren, angewendet.

Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens, wenn es bei Heatset-Offsetdrucken angewendet wird, ist, dass IPA nicht aus dem Abgas entfernt wird. Anlagen, die >25 Tonnen Lösemittel pro Jahr verwenden, haben deshalb Schwierigkeiten, den Grenzwert von 20 mg C/Nm$^3$ zu erreichen (laut EU-Lösemittelrichtlinie). Der widerwärtige/ aggressive Geruch der Heatsetabgase wird nicht komplett entfernt.

Dieses Verfahren wird nicht bei der Wickeldrahtherstellung oder in AutoLackieranlagen angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.5.3 Tieftemperaturkühlung

**Beschreibung:** Das VOC-reiche Abgas wird in einem Wärmetauscher unter Verwendung eines Kühlmediums bei Temperaturen unterhalb von 0 ºC gekühlt. Normalerweise wird ein Doppelkondensorverfahren benutzt, das abwechselnd im Kondensations- und Enteisungsmodus läuft.

**Erreichte Umwelteffekte:** VOCs können zurückgewonnen und möglicherweise wiederverwendet werden. Der Abscheidegrad ist höher bei (auf-)konzentrierten Volumenströmen.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Kühlung benötigt. Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Feuchtigkeit im Abgas führt dazu, dass Vereisungen auftreten, was ein Enteisen in regelmäßigen Abständen erforderlich macht. Normalerweise wird ein vorgelagerter Kondensationsschritt bei Temperaturen oberhalb 0 ºC zur Minderung des Wassergehalts angewendet.

**Anwendbarkeit:** Abgase mit einem hohen Wasserdampfgehalt sind wegen der zunehmenden Vereisung weniger geeignet. Dieses Verfahren kann sinnvoll sein bei Strömen mit leichtflüchtigen Lösemitteln. Dieses Verfahren wird in neuen und bestehenden Anlagen zur Herstellung von Klebebändern angewendet.

Dieses Verfahren arbeitet am besten bei Abgasen mit sehr hohen Lösemittelkonzentrationen von einigen 100 g/m$^3$. Für diese Art von Abgasen sind wegen der Werte der UEG (das sind ungefähr 20 g/m$^3$ bei 40 ºC) geschlossene Trocknungsanlagen, die Inertgas verwenden ($N_2$), erforderlich. Geschlossene Trocknungsanlagen mit Inertgas können aber nur erfolgreich angewendet werden, wo der Trockner nicht zu oft geöffnet werden muss. Nach Tests hat sich gezeigt, dass dies der Grund ist, dass dieses Verfahren nicht beim Flexoverpackungsdruck angewendet wird, wo die Aufträge einige Male am Tage wechseln und die Trockner zu oft geöffnet werden müssen.

Dieses Verfahren wird nicht bei anderen Druckprozessen oder in Autolackieranlagen angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten in einer Beispielanlage zur Kondensation bei der Herstellung von Klebebändern mit einer Kapazität von 400 kg/h betrugen 0,88 Mio. € im Jahre 1992. Die Betriebskosten für die Absorption und Kondensation betrugen zusammen 0,51 Mio. € pro Jahr. Die variablen Kosten betrugen rund 1,12 Mio. €/a und die fixen Kosten rund 1,38 Mio./a.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.5.4 Kryobehandlung (Ausfrieren)

**Beschreibung:** Das leichtflüchtigen lösemittelreiche Abgas wird sehr niedrigen Temperaturen ausgesetzt, gewöhnlich unter Verwendung von flüssigem Stickstoff.

**Erreichte Umwelteffekte:** Theoretisch können sehr hohe Abscheideraten erreicht werden, wenn die Temperaturen tief genug sind. In der Praxis werden die Temperaturen aber nicht unter -95 ºC liegen, und bei dieser Temperatur können niedrige Konzentrationswerte nicht erreicht werden.

Abscheideleistungen von 99 % oder mehr können erreicht werden und führen zu Konzentrationen im behandelten Abgas von 1 – 5 g/Nm$^3$. Das kann z.B. erreicht werden bei Behandlung eines Abgasstromes von 0 – 1000 Nm$^3$/h mit einer VOC-Eingangskonzentration im Bereich von 200 – 1000 g/Nm$^3$. Die zurückgewonnenen VOCs können wiederverwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Kühlung des flüssigen Stickstoffs benötigt. Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Der verdampfte Stickstoff kann in der Anlage zu Reinigungszwecken verwendet werden. Ist eine Nachbehandlung erforderlich, wird häufig eine Adsorptionstechnik angewendet.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren wird hauptsächlich auf kleine Abgasströme angewendet (bis zu 50 m$^3$/h) und auf chargenweise anfallende Emissionen. Weniger häufig angewendet bei kontinuierlichen Anlagen mit einer Kapazität von 250 m$^3$/h oder mehr.

Dieses Verfahren wird angewendet zur Behandlung von Abgasen aus dem Lackauftrag und aus Trocknern. Es wird aber nicht angewendet bei der Lackierung von Holz und Möbeln, der Wickeldrahtherstellung, in der Bandblechbeschichtungsindustrie, bei Druckprozessen oder in Autolackieranlagen.

Abgase mit hohem Wassergehalt sind weniger geeignet, da er zur Eisbildung führen würde.

**Wirtschaftlichkeit:** Investitionskosten betragen rund 500.000 € pro 1000 $Nm^3/h$ Abgas, nicht eingeschlossen Kosten, die Lagerhaltung von Stickstoff betreffend.

Energiekosten sind vernachlässigbar. Die Kosten für Stickstoff betragen rund 0.12 € pro Kilogramm Stickstoff unter Annahme einer Abgasbehandlungskapazität von 1000 $Nm^3/h$.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 20.11.5.5 Kondensation oberhalb des Gefrierpunktes

**Beschreibung:** Kondensation oberhalb des Gefrierpunktes benötigt sehr hohe Lösemittelkonzentrationen (vorzugsweise einige 100 $g/m^3$). Nur ein Teil des Lösemittels wird kondensiert. Die Luft mit dem restlichen Lösemittel kann nicht emittiert werden, sie wird aber zurück zum Trocknungsprozess geschickt. Das erfordert abwechselnd (aus Sicherheitsgründen) einen geschlossenen Umlauf von Inertgas und nicht von normaler Luft, in der die Lösemittelkonzentration einen hohen Wert hat (z.B. am Eintritt 100 $g/m^3$, Austritt 200 $g/m^3$).

**Erreichte Umwelteffekte:** Lösemittelrückgewinnung und geringe Emissionen aus dem geschlossenen System.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005]

### 20.11.6 Adsorption

Anhang 24.9 enthält eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken (Oxidation, Adsorption, Kondensation und biologische Behandlung) und ihrer Anwendungsmöglichkeiten. Es wird ein Vergleich der Abscheideleistungen der am meisten verwendeten Techniken für verschiedene Arten von Lösemitteln bei verschiedenen Eintrittskonzentrationen vorgenommen [148, TWG, 2006].

#### 20.11.6.1 Adsorption unter Verwendung von Aktivkohle oder von Zeolithen

**Beschreibung:** Dieses Verfahren wird zur Adsorbierung von VOCs an der Oberfläche von Aktivkohle oder Zeolithen verwendet. Es wird auch angewendet zur ‚Aufkonzentrierung' als Vorbehandlung, um einen konzentrierteren Abgasstrom zu erhalten, der wirtschaftlicher verbrannt werden kann.

Während des Betriebes des Aktivkohle- (oder Zeolith-) bettes in der Adsorptionssäule oder im Adsorptionsrad wird mehr und mehr Lösemittel im Bett angesammelt. Nach einer gewissen Zeit

nimmt die Effizienz des Adsorptionsbettes ab und die Austrittskonzentration beginnt anzusteigen. Ab diesem Punkt muss die Adsorption reaktiviert werden und das Lösemittel muss zurückgewonnen oder zerstört werden. Die Desorption erfolgt oftmals durch Spülen mit einem heißen Gasstrom (Stickstoff, Luft oder Dampf), kann aber auch mit Vakuum erfolgen (Druckwechseladsorption). In Fällen, in denen der Abgasstrom gering ist (z.B. in Lösemittelwaschmaschinen), kann das Adsorbens möglicherweise außerhalb der Anlage regeneriert werden (siehe Abschnitt 20.13.7.2).
Nach einer längeren Zeit kann das Adsorbens nicht mehr vollständig durch Entfernen der Lösemittel regeneriert werden und erfordert eine andere Art Aktivierung (gewöhnlich durch Wärmebehandlung). Das kann in der Anlage oder außerhalb geschehen (siehe Abschnitt 20.13.7.1). Werden Aktivkohle oder andere Adsorbentien verwendet, die nicht regeneriert werden können, muss die Aktivkohle entsorgt werden (siehe Abschnitt 20.13.7.3).

Es ist ein kontinuierliches Monitoring der Austrittskonzentration erforderlich, um zu überprüfen, ob die Adsorptionseffizienz der Aktivkohle noch ausreichend ist (siehe Abschnitt 20.11.6.2).

Adsorptionsbetten können parallel und/oder nacheinander verwendet werden. Im Falle einer 2-Bett-Anlage ist das eine im Adsorptionsmodus und das andere im Desorptionsmodus. Oder im Falle einer 3-Bett-Anlage sind 2 im Adsorptionsmodus und eines im Desorptionsmodus.

**Erreichte Umwelteffekte:** Adsorber können eine Abscheideleistung von >99 % erreichen; das hängt aber von der Eintrittskonzentration ab. Wenn die Eintrittskonzentration z.B. >7 g/m$^3$ beträgt, kann eine Abscheideleistung von >99 % erreicht werden. Es können VOC-Konzentrationen von <50 mg C/m$^3$ (24-Stunden-Mittelwert) erreicht werden, Werte von <20 mg C/m$^3$ sind möglich.

In der Automobilindustrie werden Adsorptionsmaterialien wie Kohlefaserpapier, Zeolithe und Aktivkohle verwendet. Es wurde eine Übertragung der Lösemittelfracht in einen externen Heißluftstrom im Verhältnis von 1:6 bis zu 1:30 (abhängig von der Rohgaskonzentration) erreicht.

Bei der Herstellung von Klebebändern wurden Emissionskonzentrationen von 70 – 90 mg/m$^3$ im Reingas erreicht. Geringere Konzentrationen können erreicht werden, aber nur durch eine Verkürzung der Adsorptionsperiode und, daraus folgend, einem korrelierenden Anstieg der Dampfproduktion. Der ‚Erholungsvorgang/Reaktivierung' (siehe Abschnitt 20.13.7.1) benötigt normalerweise 2 bis 3 kg Dampf pro kg zurückgewonnenes Lösemittel, um Emissionskonzentrationen von 70 – 90 mg/m$^3$ zu erreichen.

Desorption und Reaktivierung vermindern den Kohleverbrauch. Der kondensierte Dampf kann zur Reinigung der Adsorber und als Kesselwasser wiederverwendet werden. Die Trocknungsluft kann nach dem Desorptionsprozess auch recycelt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** In Prozessen zur Rückgewinnung von Lösemitteln wird Dampf verwendet und somit wird Wasser und Energie benötigt. Der kondensierte Dampf enthält Spuren von Lösemitteln. Die Lärmwerte können erhöht sein. Es fällt Abwasser aus der Reaktivierung der Aktivkohle an.

Das Herausfinden eines optimalen Verhältnisses von Adsorption zu Desorption besteht im Herausfinden eines Gleichgewichtes zwischen akzeptablen Emissionskonzentrationen und den notwendigen Ressourcen (d.h. Energie, Adsorbens, das regelmäßig ersetzt werden muss, Wasser) und dem erzeugten Abwasser zur Reinigung des Aktivkohlebettes bei Dampfverwendung.

Es erfordert einen sorgfältigen Abgleich des Abgasstroms, da unvorhersehbare exotherme Reaktionen möglich sind (siehe Betriebsdaten unten).

**Betriebsdaten:** Adsorption ist nicht anwendbar bei reaktiven Verbindungen wie Aldehyden und Ketonen, da sie an der Aktivkohle polymerisieren könnten, was zu einer Überhitzung führen könnte. Polymere können nicht desorbiert werden, deshalb sind MEKs und ähnliche Produkte nicht geeignet. Dieses Problem kann aber umgangen werden, wenn man geeignete Sicherheitsmaßnahmen einführt, wie z.B. die stets vor dem Wochenende oder Ferienzeiten durchgeführte Desorption oder das Installieren einer automatischen Sprinkleranlage.

Es ist ebenfalls nicht anwendbar bei Abgasen mit einer relativen Feuchtigkeit von >60 %, da Wasserdämpfe ebenfalls an Aktivkohle adsorbiert werden, was die vorhandene Adsorptionskapazität für VOCs vermindert. Es gibt hydrophobe Zeolithe, die diese Probleme nicht aufweisen. Die Anlage ist empfindlich gegenüber Staub im Eintritt, da dieser das Adsorptionsbett verstopft.

Adsorptionsräder können als Vorbehandlung für eine thermische Nachverbrennung verwendet werden. Das führt zu einer Minderung des Energiebedarfs der thermischen Nachverbrennung (siehe Abschnitt 20.11.4.2). Sie mindern auch die technische/ Baugröße der thermischen Nachverbrennung, wenn sie miteinander eingesetzt werden.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren kann auf Abgase mit einer Lösemittelkonzentration von >0.8 $g/m^3$ angewendet werden. UEG-Werte spielen dabei keine Rolle. Die Anlage kann bei einzelnen Lösemitteln oder Mischungen benutzt werden. Werden einzelne nicht-wassermischbare Lösemittel adsorbiert, kann die Regeneration mit Dampf erfolgen. Werden Lösemittelgemische adsorbiert, muss die Regeneration mit aufgeheiztem Stickstoff und bei Temperaturen von 150 - 300 ºC erfolgen.

Abluftströme im Bereich von 1000 bis 1 Mio. $m^3/h$ können behandelt werden. Für das obere Ende dieses Bereiches würde man eine 14-Bett-Einheit benötigen. Die Kapazität des Einzelbettes hängt nur vom Transport in der Anlage ab. Die Anlage kann kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden und hat eine technische Lebensdauer von mehr als 30 Jahren. Es ist aber wahrscheinlich, dass während dieser Zeit eine Anpassung oder Erneuerung wegen Umweltanforderungen, Wechsel von Prozessanlagenteilen und/oder der Lösemittelanlage notwendig ist, die die wirtschaftliche Lebenszeit verkürzen.

Dieses Verfahren wird in allen Illustrationstiefdruckanlagen angewendet und allgemein in der Automobilindustrie, beim Lackieren von LKW-Kabinen und Nutzfahrzeugen sowie bei der Herstellung von Klebebändern als Konzentrationsschritt vor der Verbrennung. In geringerem Umfange wird es angewendet bei Prozessen, die Mischungen von Lösemitteln verwenden, wie beim Flexo- und Verpackungstiefdruck. In Italien wird das Verfahren bereits seit Jahren zur Rückgewinnung von Ethylacetat eingesetzt.

Adsorption ist besonders geeignet, wenn Konzentrationen bis zu 4 $g/m^3$ aus dem Abgas entfernt werden müssen. Sie wird aber auch auf Konzentrationen von 10 oder 12 $g/m^3$ angewendet. Allgemein ist sie für Gase, die eine mittlere oder niedrige Konzentration von VOCs enthalten, geeignet. Nur kleine Moleküle können adsorbiert und desorbiert werden. In der Automobilindustrie gibt es einige Anwendungen zur Reinigung der Abluft aus Spritzkabinen, typische Eintrittskonzentrationen liegen zwischen 300 - 1200 $mg/m^3$.

Einige schwerflüchtige Lösemittel können dauerhaft an der Aktivkohle anhaften und reduzieren die Adsorptionskapazität schnell, was zu einem vorzeitigen Ersatz der Aktivkohle führen kann.

Es ist allgemeine Praxis, Toluol aus dem Illustrationstiefdruck zu adsorbieren und zurückzugewinnen. Toluol adsorbiert gut an Aktivkohle und ist leicht mit aufgeheiztem Dampf daraus auszutreiben. Zur Entfernung des Toluols werden der Dampf und die Lösemitteldämpfe kondensiert. Das kondensierte Wasser kann eine Toluolkonzentration zwischen 380 – 540 mg/l aufweisen. Es wird ein Luftstrom verwendet, um das Toluol aus dem Wasser zu strippen. Durch das Strippen kann das Wasser eine Konzentration im Bereich von 1 – 10 mg/l erreichen. Nach der Behandlung wird dieses Abwasser entsorgt oder wiederverwendet, z.B. als Kühlwasser oder Dampf. Das Toluol wird teilweise wiederverwendet und teilweise an den Druckfarbenhersteller zurückverkauft. Der Regenerationsprozess benötigt normalerweise rund 3 – 6 kg Dampf pro zurückgewonnenem kg Toluol. In einer 4-Pressen-Standardanlage werden unter Verwendung von 20.000 bis 30.000 Tonnen Wasser rund 7000 Tonnen Toluol pro Jahr zurückgewonnen

In Prozessen, in denen Lösemittelgemische angewendet werden, wie z.B. beim Flexo- und Verpackungstiefdruck, ist die Adsorption als auch die Rückgewinnung schwieriger. Ethanol und Ethylacetat adsorbieren nicht so gut wie Toluol an Kohle, und deshalb sind größere Kohlebetten erforderlich. Es kann kein Dampf zur Rückgewinnung verwendet werden, da sich die Lösemittel in Wasser lösen. Deshalb wird gewöhnlich heißes Inertgas, wie $N_2$, verwendet. Zur Trennung der zurückgewonnenen Lösemittelmischung ist ein Destillationsprozess notwendig.

Bei der Herstellung von Klebebändern benötigt der Regenerationsprozess normalerweise 2 bis 3 kg Dampf pro kg zurückgewonnenes Lösemittel, um Lösemittelkonzentrationen von 70 – 90 mg/m$^3$ zu erreichen.

In den Niederlanden und der Region Flandern (Belgien) wird dieses Verfahren nicht im Flexo- und Verpackungstiefdruck angewendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Allgemein ist dieses Verfahren doppelt so teuer wie eine Nachververbrennung. Die Investitionskosten in eine Lösemittelrückgewinnung betragen 0,5 bis 1 Mio. € mehr als für eine Nachverbrennung. Es gibt aber eine Amortisation durch die zurückgewonnenen Lösemittel. Zeolithe als Adsorptionsmedium sind zehn Mal teurer als Aktivkohle, sie werden allgemein für (Auf-)Konzentrationszwecke verwendet.

Man sollte beachten, dass Adsorptionseinheiten zum Erreichen von sehr geringen Emissionswerten durch Erhöhen der Gesamtoberfläche der Aktivkohle oder durch Anwendung kürzerer Adsorptionszyklen ausgelegt werden können. Man muss aber berücksichtigen, dass beide Optionen zu höheren Investitionen und Betriebskosten führen und zu einem höheren Energieverbrauch.

Die Investitionskosten für Anlagenteile eines Beispielbetriebes zur Herstellung von Klebebändern mit einer Kapazität von 800 kg/h betrugen im Jahr 1992 rund 2,7 Mio. €. Die Betriebskosten für Adsorption und Kondensation betrugen zusammen 0,51 Mio. pro Jahr. Die variablen Kosten betrugen rund 1,12 Mio. € pro Jahr und die fixen Kosten rund 1,38 Mio. € pro Jahr.

Im Falle des Flexo- und Verpackungstiefdruckes sind die Investitions- und Betriebskosten für eine nachfolgende Lösemittelrückgewinnung höher als für jede thermische Behandlung. Die Betriebskosten liegen zwischen 0,15 und 0,25 € pro zurückgewonnenes kg Lösemittel. Die Kosten der Rückgewinnung sind 0,10 €/kg Lösemittel und die Einsparungen betragen 0,6 – 0,70 €/kg zurückgewonnenes Lösemittel, wenn das Lösemittel im Betrieb wiederverwendet wird. Beträgt der Lösemittelverbrauch weniger als 500 Tonnen pro Jahr, ist es sehr unwahrscheinlich, dass eine Lösemittelrückgewinnung eine wirtschaftlich attraktive alternative zur Nachverbrennung ist.

Im Verpackungstiefdruck, in dem Ethylacetat mehr als 90 % der Gesamtlösemittelmenge ausmacht, kann die wiederverwendbare Menge so groß sein, dass die Anlage fast autark läuft und für Verdünnungszwecke kein Ethylacetat mehr gekauft werden muss.

Die unten aufgeführten Preise für Aktivkohleadsorption sind repräsentativ für die flämische Holzindustrie und basieren auf realistischen theoretischen Betriebsparametern. Anlagenhersteller, die diese Informationen lieferten, betonten, dass eine Extrapolation der Kosten des Beispiels auf der Basis von Volumenstrom und VOC-Beladung nicht möglich ist. Diese Zahlen sind also rein indikativ und nur gültig für den Zeitpunkt der Schätzung (November 2004).

- Anlagenmiete: 6052 – 8544 €/Jahr
- Erwerbskosten der Anlage: 22355 – 23740 €/Einheit
- Preise angegeben für: 10000 Nm³/h und 500 mg VOC/Nm³ (220 Arbeitstage/Jahr, 8 Stunden/Tag, VOC-Emissionswert 90 mg/m³ und Zeitauslastung von 50%):
  - Aktivkohle: 8316 € für 5400 kg (ausreichend für 82 Werktage) = 22311 €/Jahr
- Preise angegeben für: 1000 Nm/h und 500 mg VOC/Nm³ (andere Betriebsbedingungen gleich):
  - Aktivkohle: 8316 e für 5400 kg (ausreichend für 823 Werktage) = 2230 €/Jahr.

**Gründe für die Einführung:** Kann wirtschaftlicher sein als Nachverbrennungsverfahren.

**Beispielbetriebe:** Ford, Daimler Chrysler, VW, Renault, Audi, Toyotawerke in Europa. RSDB in Etten-Leur, Niederlande; und in der italienischen Verpackungstiefdruckindustrie, die Ethylacetat zurückgewinnt und wiederverwendet.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [62, CITEPA, 2003] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [63, Vito, 2003] [147, Presti, 2005] [147, Presti, 2005] [146, CEI-BOIS, 2006].

### 20.11.6.2 Kontinuierliche Überwachung der Adsorberleistung

**Beschreibung:** Es sind Überwachungsausrüstungen erhältlich, die die Leistung des Adsorbers kontinuierlich steuern, d.h. kontinuierlich die Werte von Schadstoffen im Rohgas mit denen im behandelten Abgas vergleichen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es kann schnell erkannt und es können Korrekturmaßnahmen ergriffen werden, wenn aufgrund einer mangelhaften Funktion des Adsorbers, die unbeahndelten Emissionen nicht vermindert werden.

**Medienübergreifende Effekte:** keine

**Betriebsdaten:** Im Falle, dass das System aus zwei oder mehreren parallelen Adsorbereinheiten besteht, kann die Überwachung benutzt werden, um zur nächsten Einheit zu schalten. Es wurde berichtet, dass in der Automobilindustrie, wo die Konzentrationsschwankungen klein sind, die Messungen normalerweise wöchentlich oder sogar seltener mit tragbarer Ausrüstung ausgeführt werden.

Das Überwachen der Adsorberleistung ist allgemeine Praxis in Zeitungsdruckanlagen. Beim Illustrationstiefdruck wird eine Überwachung des Regenerationszyklus durch Konzentrationsmessung in festen Zeitintervallen durchgeführt. Das hilft bei der Entscheidung, wann das Aktivkohlebett in der Toluoladsorptionsanlage gereinigt werden muss. Da der Lösemittelgehalt der Trockenluft veränderlich ist, können diese beiden Methoden der Überwachung dazu führen, dass der Aktivkohleregenerationszyklus zu früh oder zu spät auf den nächsten Adsorber umgeschaltet wird. Zu frühes Umschalten führt zu überschüssigem Energieverbrauch, zu spätes zu überproportional erhöhten Emissionen.

**Anwendbarkeit:** Dieses Verfahren ist anwendbar bei neuen oder bestehenden Adsorbern, unabhängig von der Art der Branche. Die kontinuierliche Überwachung ist nur notwendig, wenn die Konzentrationen hoch sind oder wo parallele Adorptionsanlagen verwendet werden. Es ist nicht notwendig, wo der Adsorber in eine Behandlungsanlage integriert ist und deshalb keine Freisetzungen in die Luft erfolgt. Es wird auch bei der Lösemittelrückgewinnung benutzt (siehe Abschnitte 20.13.7.1 und 20.13.7.2).

**Wirtschaftlichkeit:** Es wurde berichtet, dass die Kosten der Installation von vier kontinuierlich VOC-messenden Geräten einschließlich der Software und der Auswerteeinheit 2 Mio. € im Jahre 2004 betrugen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** VW Hannover, Deutschland (Behandlung der Kabinenluft aus der Anwendung von lösemittelbasierendem Füllerauftrag).

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [128, TWG, 2005]

## 20.11.7 Absorption in Flüssigkeiten

Anhang 24.9 enthält eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken (Oxidation, Adsorption, Kondensation und biologische Behandlung) und ihrer Anwendungsmöglichkeiten. Es wird ein Vergleich der Abscheideleistungen, der am meisten verwendeten Techniken für verschiedene Arten von Lösemitteln bei verschiedenen Eintrittskonzentrationen vorgenommen [148, TWG, 2006].

### 20.11.7.1 Absorption in Wasser

**Beschreibung:** Absorption (oder Nasswäsche) in Wasser ist ein Massetransfer zwischen einem löslichen Gas und einem Lösemittel – oft Wasser – im Kontakt miteinander.

**Erreichte Umwelteffekte:** Entfernung von gasförmigen Schadstoffen, wie $NO_x$, wasserstoffhaltigen Halogeniden, $SO_2$, Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder VOCs (sofern wasserlöslich, wie IPA, Ethanol usw.).

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Nicht angewendet in Autolackieranlagen oder beim Drucken.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [67, EIPPCB, 2003] [128, TWG, 2005]

#### 20.11.7.2 Absorption in Öl und Rückgewinnung

**Beschreibung:** Lösemittel im Abgas können durch Absorption in organischen Ölen mit nachfolgender Destillation zurückgewonnen werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Das zurückgewonnene Lösemittel kann wiederverwendet werden. Im Reingas können Konzentrationen von <30 mg/m$^3$ erreicht werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Abhängig von den Details der angewendeten Technik können 0.1 – 0.5 m$^3$ Abwasser pro Tonne zurückgewonnenes Lösemittel aufgrund der Feuchtigkeit der Luft anfallen. Normalerweise fällt aber überhaupt kein Abwasser an, da es in der Destillationsanlage abgeschieden und zur Reinigung wiederverwendet oder in Dampf zum Strippen umgewandelt wird. Lärmwerte können erhöht sein.

**Betriebsdaten:** Dieses Verfahren wird aus ökonomischen Gründen nur für reine Lösemittel verwendet. Das Verfahren ist für eine Mindestabgasbeladung von 2 g/m$^3$ geeignet.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen. Die Technik wird aus einer Anlage für den Flexoverpackungsdruck zum Beschichten und Laminieren berichtet, sie wird aber aufgrund der Kosten nicht allgemein angewendet.

Sie wird nicht in der Wickeldrahtherstellung angewendet, da die Lösemittel nicht im Prozess wiederverwendet werden können. Sie wird nicht in anderen Druckprozessen, bei der Bandblechbeschichtung, in der Metallverpackungsindustrie oder in der Automobilindustrie angewendet, da diese Branchen generell Lösemittelmischungen verwenden.

**Wirtschaftlichkeit:** Dieses Verfahren ist teurer als Adsorption an Aktivkohle.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Die Firma Bischof und Klein in Deutschland, die Flexoverpackungsdruck ausführt, bei dem Ethylacetat durch Absorption in Phtalsäureester zurückgewonnen wird.

**Referenzliteratur:** [14, DFIU und IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.11.8 Biologische Behandlung

Anhang 24.9 enthält eine Zusammenfassung von Abgasbehandlungstechniken (Oxidation, Adsorption, Kondensation und biologische Behandlung) und ihrer Anwendungsmöglichkeiten. Es wird ein Vergleich der Abscheideleistungen der am meisten verwendeten Techniken für verschiedene Arten von Lösemitteln bei verschiedenen Eintrittskonzentrationen vorgenommen [148, TWG, 2006].

**Beschreibung:** Das Abgas wird durch einen Biofilter oder Biowäscher geleitet, in dem Mikroorganismen das Lösemittel entfernen. Die Temperatur des Abgases sollte 40 ºC nicht überschreiten. Das Verfahren wird diskutiert im BVT-Merkblatt CWW [67, EIPPCB, 2003].

**Erreichte Umwelteffekte:** Es werden Abscheideleistungen von 75 - 95 % erreicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Es können Geruchsbelästigungen auftreten. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Das Verfahren wurde in einer Heatsetdruckanlage getestet. Es war aber nicht erfolgreich wegen der sich ändernden Lösemittelkonzentrationen und der Vielfalt der Lösemittel und wechselnden Menge der verwendeten Lösemittel.

**Anwendbarkeit:** Biologische Behandlung ist anwendbar zur Verdünnung bioabbaubarer Abgasströme und wird deshalb oft zur Geruchsminderung verwendet. Biofilter sind insbesondere geeignet zur Behandlung von geringen Konzentrationen von hauptsächlich wasserabweisenden Schadstoffen, wie Kohlenwasserstoffen und Aromaten (z.B. Toluol und Xylol). Biofilter sind besonders geeignet für leicht in Wasser lösliche Schadstoffe, wie Ether, Ester, Ketone, Alkohole und Verbindungen, die Stickstoff enthalten.

In der Druckindustrie ist die Anwendung dieses Verfahrens nicht effizient, wenn die Lösemittelkonzentration >1.5 $g/m^3$ ist. Die Technik wurde für Heatset getestet, wo die Konzentration normalerweise 1 bis 2 $g/m^3$ beträgt, und das Resultat war negativ. Beim Flexoverpackungsdruck wurden biologische Behandlungsanlagen eingesetzt, die einen Emissionswert von 100 $mg/m^3$ einhalten. Es wurde erfolgreich in Großbritannien bei Lackier-/Beschichtungarbeiten eingesetzt.

In der Möbel- und Holzlackierbranche in Deutschland wendet nur eine Anlage dieses Verfahren zur Minderung der Geruchsbelästigung durch Lösemittelemissionen an.

Es wird manchmal bei der Herstellung von Schleifmitteln angewendet und nicht in der Automobilindustrie und der Wickeldrahtherstellung.

Bei anhaltenden Abschaltzeiten können Biofilter eine Nährstoffzufuhr zum Ausgleich des fehlenden Lösemitteleintrags erforderlich machen.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten liegen im Bereich von 5000 – 20000 € bei einer Kapazität von 1000 $m^3/h$ Abgas. Die Betriebskosten variieren zwischen 10 – 50 € pro 1000 $m^3$ behandelten Abgases bezogen auf eine installierte Kapazität von 5000 $m^3/h$.

Die unten stehenden Preise sind repräsentativ für die flämische Holzindustrie und basieren auf realistischen theoretischen Betriebsparametern. Anlagenhersteller, die diese Informationen zur Verfügung gestellt haben, betonen, dass es nicht möglich ist, die Kosten des Beispiels auf der Basis von Menge/Strom und VOC-Beladung zu extrapolieren. Die Zahlen sind also rein indikativ und gelten für den Zeitpunkt der Schätzung (November 2004).

Strom/Menge: 10000 $Nm^3/h$:

- VOC-Eintrittskonzentration: 500 $mg/Nm^3$, VOC-Emission: t: <90 $mg/Nm^3$
- Preis: 135.000 bis 250.000 €.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [13, DFIU und IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [63, Vito, 2003] [12, UBA Deutschland, 2002] [76, TWG, 2004] [146, CEI-BOIS, 2006]

## 20.11.9 $NO_X$-Minderungstechniken

Die $NO_x$–Emissionen stammen aus der thermischen Nachverbrennung der VOCs in Abgasen. Diese können ansteigen, wenn Lösemittel, die Stickstoff enthalten, emittiert werden. Es wurden Untersuchungen in der Wickeldrahtindustrie durchgeführt (siehe Abschnitt 3.3.3.1), und der geschätzte Beitrag aus dieser Branche beträgt 1 bis 2,7 Kilotonnen pro Jahr. Man kam zur Schlussfolgerung, dass es technisch oder ökonomisch nicht machbar ist, innerhalb dieser Branche $NO_x$-Behandlungstechniken anzuwenden (siehe die folgenden Abschnitte). Diese Schlussfolgerung gilt analog für andere Anlagen. Die emittierte Gesamtmenge aufgrund von Stickstoff in Lösemitteln war gering, so dass die Verwendung von Stickstoff-haltigen Lösemitteln wahrscheinlich mit der Anwendung von REACH usw abnehmen wird. Zusätzlich ist die Wickeldrahtindustrie keine bedeutende NOx-Quelle, und deshalb ist es allgemein nicht nachhaltig oder technisch und wirtschaftlich sinnvoll, eine sekundäre Abgasbehandlung anzufügen. Siehe Abschnitt 3.3.3.1.

Die Verwendung von Stickstoff-haltigen Lösemitteln ist im Lösemittelsektor allgemein gering, und sie ist keine bedeutende NOx-Quelle. Die effektivste Art der Reduzierung von NOx-Emissionen im Sektor besteht in der Optimierung der Oxidations-/Nachverbrennungsbedingungen nicht nur bei der VOC-Zerstörung, um die NOx-Bildung zu minimieren (siehe Abschnitte 20.11.1 und 20.11.4).

[54, BMLFUW Austria, 2003] [163, EWWG, 2005] [170, Tempany und Lemoine, 2006]

### 20.11.9.1 Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR)

**Beschreibung:** Abgase, die hohe Werte an $NO_x$ enthalten, können mit SNCR behandelt werden. Die Technik ist vollständig im BVT-Merkblatt CWW beschrieben. $NO_x$ wird durch die Reaktion mit Harnstoff oder Ammoniak, die ohne Katalysator in den Ofen eingebracht werden, reduziert. Die Reaktion erfordert hohe Temperaturen (850 - 1050 °C). Die Effizienz liegt zwischen 50 und 70 % bei einem $NH_3$:NO-Verhältnis von 2,5 : 1.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Reduktion von $NO_X$.

**Medienübergreifende Effekte:** Energie zum Aufheizen des Abgases. Verbrauch von Ammoniak und Verlust von Ammoniak durch Schlupf. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** In der Wickeldrahtindustrie enthält das Abgas aus dem Behandlungsverfahren des Emaillierofens zur Minderung von VOCs immer noch hohe Gehalte an $NO_X$. Potentiell kann dieses Abgas in die SNCR-Anlage geleitete werden.

**Anwendbarkeit:** Für Industriebranchen, die stickstoffhaltige Lösemittel verwenden, die erhebliche Mengen an $NO_X$ freisetzen, z.B. nach dem Trocknen (Verdampfung/Härten).

Eine Studie zu Wickeldrähten aus Österreich stellt fest, dass mit diesem Verfahren NOx-Werte von 100 mg/m³ (als $NO_2$) für stickstofffreie Lösemittel und von 150 mg/m³ für stickstoffhaltige Lösemittel erreicht werden können (aber siehe Betriebsdaten unten).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten sind höher als für eine SCR. Die Investitionskosten für 1000 $Nm^3/h$ liegen im Bereich von 7.500 – 32.000 € und die Betriebskosten pro Tonne entferntes $NO_X$ liegen im Bereich von 500 – 5.000 €.

SNCR wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht in der Wickeldrahtindustrie angewendet.

**Gründe für die Einführung:** Örtliche Luftqualität. Grenzüberschreitende Luftverschmutzung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [54, BMLFUW Austria, 2003, 67, EIPPCB, 2003]

### 20.11.9.2 Selektive katalytische Reduktion (SCR)

**Beschreibung:** Abgase, die hohe Werte an $NO_x$ enthalten, können mit SCR behandelt werden. Die Technik ist vollständig im BVT-Merkblatt CWW beschrieben. $NO_x$ wird durch die Reaktion mit Ammoniak in Gegenwart eines Katalysators im Ofen reduziert. Die Reaktion erfordert eine Temperatur von 280 - 400 °C. Die Effizienz der Minderung des $NO_X$-Gehaltes im Abgas liegt bei bis zu 90 % bei einem $NH_3$:NO-Verhältnis von 0,7 bis 1 : 1.

**Erreichte Umwelteffekte:** Erhebliche Minderung von $NO_X$.

**Medienübergreifende Effekte:** Wird das Abgas einer zentralen SCR-Anlage zugeführt, kann Energie zur Wiederaufheizung des Abgases erforderlich sein. Es werden Ammoniak und ein Katalysator in der SCR verwendet. Es ist wahrscheinlich, dass ein Verlust an Ammoniak durch Schlupf auftritt. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** In der Wickeldrahtindustrie enthält das Abgas aus dem Behandlungsverfahren des Emaillierofens zur Minderung von VOCs immer noch hohe Gehalte an $NO_X$. Potentiell kann dieses Abgas durch eine SCR-Anlage geleitete werden.

**Anwendbarkeit:** Für Industriebranchen, die stickstoffhaltige Lösemittel verwenden, die erhebliche Mengen an $NO_X$ freisetzen, z.B. nach dem Trocknen (Verdampfung/Härten).

Eine Studie zu Wickeldrähten aus Österreich stellt fest, dass mit diesem Verfahren NOx-Werte von 100 mg/m³ (als $NO_2$) für stickstofffreie Lösemittel und von 150 mg/m³ für stickstoffhaltige Lösemittel erreicht werden können (aber siehe Betriebsdaten unten).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten für 1000 $Nm^3/h$ liegen im Bereich von 2.300 – 3.900 € und die Betriebskosten pro Tonne entferntes $NO_X$ liegen im Bereich von 700 – 1.200 €.

Eine Beispielberechnung der Kosten für eine $NO_X$-Behandlungsanlage für eine Gruppe von Wickeldrahtemailliermaschinen zur Entfernung von 44 Tonnen $NO_X$ pro Jahr weist für Investitionen 985.000 € und für Betriebskosten zur Aufheizung von Abgasen und für Ammoniak 11.000 € pro Tonne entferntes $NO_X$ aus.

SNCR[21] wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht in der Wickeldrahtindustrie angewendet.

Eine Beispielberechnung der Wirtschaftlichkeit einer NOx-Behandlung mit SCR in einem kleinen oder mittleren Unternehmen (KMU) kann im BVT-Merkblatt STM gefunden werden.

**Gründe für die Einführung:** Örtliche Luftqualität. Grenzüberschreitende Luftverschmutzung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [67, EIPPCB, 2003] [66, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Austria, 2003] [128, TWG, 2005] [59, EIPPCB, 2005].

### 20.11.9.3 Wäscher

**Beschreibung:** $NO_X$ kann aus dem Abgas durch Waschen entfernt werden. Diese Technik ist im BVT-Merkblatt CWW beschrieben. Beim Waschen kann man einen einzelnen Turm/Säule oder mehrere verwenden. Man kann mit Wasser oder Alkalilösung waschen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Das emittierte $NO_X$ besteht zu >98 % aus $NO_2$. Werte von <100 $mg/Nm^3$ können bei Verwendung von Wasser erreicht werden, bei einer Entfernungsrate von 95 – 99 %.

**Medienübergreifende Effekte:** Lärmwerte können ansteigen.

[21] Anmerk. der Übersetzerin: Es muss “SCR” heißen.

**Betriebsdaten:** Entweder muss man Wäscher an jedem Abgasaustritt installieren oder das Abgas einem Zentralwäscher zuführen. Als Beispiel für Komplexität kann man die Wickeldrahtherstellung sehen, die 40 bis 170 Linien haben kann.

**Anwendbarkeit:** anwendbar in Industriebranchen, die Lösemittel mit Stickstoff verwenden, die erhebliche Mengen $NO_X$ freisetzen, z.B. nach dem Trockenen (Verdampfen/Härten). Diese Technik wird nicht im STS-Sektor angewendet.

Eine Mehrfachanlage oder die Zusammenführung von Strömen in einer zentralen Behandlungsanlage in Verbindung mit Mangel an Fachkenntnis in der Anwendung macht es wahrscheinlich, dass diese Technik technisch und wirtschaftlich unbrauchbar für diesen Sektor ist.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Installation von Mehrfachwaschanlagen oder die Sammlung aller Abgasströme an einem zentralen Behandlungspunkt sind voraussichtlich hoch.

**Gründe für die Einführung:** Örtliche Luftqualität. Grenzüberschreitende Luftverschmutzung.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [94, EIPPCB, 2004] [67, EIPPCB, 2003].[128, TWG, 2005]

## 20.12 Abwasserbehandlung

Die Abwasserbehandlung kann betriebsintern oder betriebsextern außerhalb des Betriebsgeländes vorgenommen werden. Die betriebsexterne Behandlung erfordert die Ableitung des Abwassers mit geringen Schadstoffkonzentrationen. Die Abwasserbehandlung für den STS-Sektor kann ein Problem darstellen, wenn lösemittelbasierte Produkte durch wasserbasierte Alternativen ersetzt werden, z.B. wenn sich lösliche Lösemittel, Polymere und Weichmacher im Abwasser befinden. Abwasserbehandlung wird ausführlich in anderen Dokumenten beschrieben, wie z.B. im BVT-Merkblatt CWW [67, EIPPCB, 2003] und für diesen Sektor in [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002]. Weitere Informationen zu Abwasserbehandlungsverfahren für wasserbasierte Tätigkeiten können im BVT-Merkblatt STM gefunden werden [59, EIPPCB, 2005].

Verfahren zur Minderung von Abwasser, einschließlich der Behandlung von Abwasser aus Spritzkabinen, werden im Abschnitt 20.7.5 diskutiert.

Wo eine Behandlung erforderlich ist und die unten stehenden Verfahren/Techniken verwendet werden, die in den oben angeführten Dokumenten enthalten sind, können die folgenden für diesen Sektor relevanten Werte erreicht werden [117, ACEA, 2005] [121, UK, et al., 2003]:

- BSB (abgeleitet in ein Fließgewässer oder überwachtes Gewässer) <100 mg/l
- CSB (abgeleitet in eine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage) <2500 mg/l
- gelöste Feststoffe (abgeleitet in eine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage <1000 mg/l

### 20.12.1 Flockung

**Beschreibung:** Bei der Flockung wird das abgeleitete Wasser durch einen Tank/Behälter geleitet, der ein Flockungsmittel enthält, oftmals ein Bentonit-Produkt oder ein Polyacrylat. Die Partikel werden adsorbiet oder bilden eine Flocke um das Molekül des Flockungsmittels und werden vom Abwasser abgetrennt (siehe Abschnitt 20.12.2).

**Erreichte Umwelteffekte:** Entfernung von absetzbaren Feststoffen aus dem Abwasser. Das kann den BSB verringern und damit die Menge der nachfolgenden Behandlung in der Abwasserbehandlungsanlage.

**Medienübergreifende Effekte:** Erhöhen der Menge an Abfallschlamm.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik ist anwendbar auf jeden Prozess, der suspendierte Feststoffe im Abwasser mit sich bringt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Einhalten der Abwasserablaufgrenzwerte.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.12.2 Abtrennung

**Beschreibung: N**ach der Flockung (siehe Abschnitt 20.12.1) können Flotation, Sedimentation oder Filtration angewendet werden. Zur Abtrennung des koagulierten Schlamms vom Wasser aus der Spritzkabine können entweder Sedimentation oder Flotation angewendet werden (siehe auch Abschnitt 20.7.5.8). Flotation und Sedimentation basieren auf Unterschieden in der Dichte zum Erreichen einer Phasentrennung. Bei der Sedimentation sinkt der Schlamm auf den Boden; bei der Flotation schwimmt der Schlamm an der Oberfläche auf. Der Sedimentationsprozess kann durch Verwenden von Parallelplatten- oder Lamellenseparatoren verbessert werden. Der Flotationsprozess wird verbessert durch Verwenden von gelöster Luft. Im Falle der Sedimentation wird der konzentrierte Schlamm aus dem Separator gepumpt; bei der Flotation wird der Schlamm mechanisch von der Flüssigkeitsoberfläche des Tanks abgeskimmt.

Die Techniken sind ausführlicher in der Referenzliteratur beschrieben.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Lösemittelwerte einschließlich einige gefährliche Stoffen werden reduziert.

**Medienübergreifende Effekte:** Vergrößerung der Abfallmenge.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Diese Techniken werden allgemein in der Automobilindustrie angewendet. In der Wickeldrahtindustrie wird die wasserbasierte Drahtziehemulsion durch Sedimentation und Filtration behandelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Einhalten der Abwasserablaufgrenzwerte.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet angewendet.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [59, EIPPCB, 2005] [67, EIPPCB, 2003] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.12.3 Elektroflokkulation

**Beschreibung:** Diese Technik wird verwendet zur Unterstützung der Wiederverwendung von Prozesswasser und als Vorbehandlungsschritt vor der Ableitung.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der VOCs im Abwasser. Entfernen von Lackschlamm durch Skimmen. Verringerter Wasserverbrauch.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Das Verfahren wird im Flexoverpackungsdruck, wenn große Mengen an wasserbasierten Druckfarben verwenden werden, benutzt. Das bedeutet aber nicht, dass die Abwassermenge ebenfalls groß ist. Bei Anwendung von wasserbasierten Druckfarben fällt tatsächlich nur sehr wenig mit Druckfarbe verschmutztes Abwasser an, wenn die Reinigungsverfahren darauf eingestellt werden, die Menge an Abwasser gering zu halten. In kleineren Flexoverpackungsdruckanlagen kann die Druckfarben enthaltende Abwassermenge so gering sein, dass sie als Flüssigabfall behandelt oder in eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage entsorget werden kann.

**Wirtschaftlichkeit:** 1999 betrugen die Investitionskosten für eine Anlage mit einer Kapazität von 15 $m^3$/h rund 100.000 €. Die Einführung wird von den Abwasserbehandlungsgebühren abhängen. Kostenminderungen könnten möglich sein, wo bei verbesserter Qualität des Abwasserablaufes Beschränkungen für Anlagen zurückgenommen werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002]

### 20.12.4 Vakuumdestillation

**Beschreibung:** Die Vakuumdestillation ist eine Technik, die zur Abtrennung von VOCs aus dem Abwasser Vakuum benutzt. Es ist eine mit Dampf betriebene Rückgewinnungsanlage, in der ein Vakuum zur Verringerung des Drucks aufgebaut wird, so dass die Destillation bei geringerer Temperatur durchgeführt werden kann. Das spart Heizkosten ein und verhindert, dass weniger stabile Stoffe sich bei hohen Temperaturen, die bei Atmosphärendruck erforderlich wären, zersetzen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Minderung der VOCs im Abwasser. Verringertes Abwasservolumen.

**Medienübergreifende Effekte:** Lärmwerte können ansteigen. Es wird Energie verbraucht für Heizung und Vakuumpumpen.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Nicht verwendet in der Fahrzeuglackierung.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.12.5 Biologische Behandlung

**Beschreibung:** Wenn das Abwasser einer vorhergehenden Entgiftung unterzogen wurde und seine bioabbaubare Fraktion ausreichend ist, kann eine biologische Behandlung angewendet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderte BSB- und CSB-Werte.

**Medienübergreifende Effekte:** Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Abwasser, das Phenole oder Fluoride aus der Herstellung von Schleifmitteln oder Lösemittel aus der Druckindustrie enthält, kann unter Verwendung eines Bioreaktors oder Biofilters behandelt werden. In der Industrie zur Herstellung von Schleifmitteln wird die biologische Behandlung nach einer Neutralisation, Fluoridfällung und Filtration angewendet.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen mit lösemittelhaltigen Abwässern.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [12, UBA Deutschland, 2002] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [128, TWG, 2005]

### 20.12.6 Ultra- und Nanofiltration und Umkehrosmose

**Beschreibung:** Bei der Ultra- und Nanofiltration (UF und NF) und der Umkehrosmose durchströmt das kontaminierte Wasser unter hohem Druck eine halbdurchlässige/semipermeable Membran, die kleine Moleküle wie Wasser hindurch lässt, aber keine größeren Partikel. Die Konzentration der Verunreinigung steigt mit dem sich wiederholenden Umlauf des Abwassers durch den Filter an. Der Unterschied der Techniken liegt in der Porengröße der Filter und damit der Moleküle, die rausgefiltert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Filterrückstände, z.B. Lack oder Druckfarbe, können manchmal zurückgewonnen und wiederverwendet werden. Das gereinigte Wasser wird wiederverwendet oder ins Abwasser abgeleitet (siehe Abschnitt 20.7.5.3). Diese Technik kann die Menge an gefährlichen Abfällen verringern.

**Medienübergreifende Effekte:**

- gefiltertes Abwasser wird, wenn es nicht wiederverwendet wird, in die Abwasseranlage abgelassen
- alle Filteranlagen benötigen Energie
- Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Abwasser kann bei Reinigungsarbeiten anfallen, aber z.B. auch in Spritzkabinen, wo es zum Entfernen von Overspray, der beim Lackspritzen anfällt, verwendet wird, bei Entfettungsprozessen oder bei der Anwendung der Elektrotauchlackierung. Bei der Elektrotauchlackierung in der Automobilindustrie und allgemein bei der Lackierung von Fahrzeugen kann eine Filtration zum Lackrecycling und zur vollständigen Wasserdemineralisierung bei geschlossenem Kreislauf angewendet werden (siehe Abschnitte 20.4.1, 20.4.1.2 and 20.4.1.3). Die Integration in eine große Kaskade kann ohne UF erfolgen, wenn demineralisiertes Spülwasser verwendet wird.

Beim Entfetten werden auch große Mengen an Wasser benutzt. UF dient als Badpflegemaßnahme beim Entfettungsschritt, die (siehe Abschnitt 20.7.5):

- eine höhere Qualität des Entfettungsbades,
- eine Verlängerung der Badstandzeit,
- Verminderung der notwendigen Reinigungsmittel und
- eine höhere Verfügbarkeit der Anlage ermöglicht.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird in Druckanlagen angewendet, in denen große Mengen an wasserbasierten Druckfarben, Lacken und Klebstoffen verwendet werden, z.B. beim Verpackungsdruck. Sie wird auch allgemein in der Automobilindustrie angewendet und beim Lackieren von Landwirtschafts- und Baumaschinen.

Es ist eine sorgfältige Wahl der Membran notwendig, da einige Lösemittel, insbesondere Ketone und Ester, die Membran angreifen und den Prozess irreversibel stören.

**Wirtschaftlichkeit:** In der Automobilindustrie liegen die Kosten für die Installation einer UF- oder NF-Anlage typischerweise im Bereich von 0,5 bis 1,0 Mio. €.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Opel Eisenach GmbH, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [18, UBA Deutschland, 2003] [13, DFIU und IFARE, 2002] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002] [59, EIPPCB, 2005] [128, TWG, 2005]

## 20.13 Abfallminimierung und Behandlung von lösemittelhaltigen Abfällen

Anhang IV (Punkt 3) der IVU-Richtlinie fordert die Berücksichtigung von '*Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle'*.

Die folgenden Abschnitte zeigen Techniken, die zur Abfallminimierung durch Rückgewinnung und Wiederverwendung genutzt werden.

Siehe auch Abschnitt 20.6.3 über die Minimierung des Rohstoffverbrauchs und Abschnitt 20.7.5 zu Maßnahmen zur Minderung des Verlustes von Rohstoffen im Prozesswasser.

### 20.13.1 Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus dem Prozess

**Beschreibung:** Gebrauchte Lösemittel, die z.B. zur Reinigung verwendet wurden, können für eine Wiederverwendung behandelt werden, z.B. durch Filtration und Destillation (siehe Abschnitte 20.13.2.1 and 20.13.2.2). Rückgewinnung und Wiederverwendung können beide in der Anlage oder außerhalb erfolgen. Da, wo z.B. Molchreinigungsanlagen oder Spülanlagen verwendet werden, werden die Lösemittel vor Ort zur Reinigung der Anlage bei jedem Farbwechsel verwendet – zur sogenannten Spülung. Moderne Farbzufuhranlagen schließen die Rückgewinnung des Spüllösemittels ein. Lösemittel können auch als gefährlicher Abfall in einer betriebsexternen Rückgewinnungsanlage entsorgt werden. Die gereinigten Lösemittel werden wiederverwendet, aber nicht unbedingt beim gleichen Nutzer.

Die Reinigung kann in Waschmaschinen erfolgen, in denen das Lösemittel zurückgewonnen und intern wiederverwendet wird (siehe Abschnitt 20.9). Diese Technik ist für halogenierte VOCs geeignet in Verbindung mit einer geschlossenen Lagerung der Lösemittel und Lösemittelabfälle.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderte Menge an gefährlichem Abfall und geringerer Verbrauch an frischen Lösemitteln. Bei Wiederverwendung des gefährlichen Abfalls (in diesem Falle des Lösemittels) wird dessen Lebensdauer verlängert.

In der Automobilindustrie können gewöhnlich 80 - 90 % der Reinigungs- und Spüllösemittel betriebsintern oder extern zurückgewonnen und wieder verwendet werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Lärmwerte können ansteigen. Das Risiko bei der Lagerung der gefährlichen Stoffe steigt an.

**Betriebsdaten:** Für eine Filtration und Destillation auf ökonomische Art und Weise sind gewöhnlich große Mengen (mehrere Tonnen jeweils) erforderlich und werden per Vertrag außerhalb aufgearbeitet. Das setzt eine Lagerung von großen Mengen an sauberen und gebrauchten Lösemitteln voraus. Es sollte eine angemessene Lagergröße sowohl für die benutzten Lösemittel, die vor der Aufarbeitung gelagerten werden, als auch für die zurückgebrachten gereinigten Lösemittel vorhanden sein: die Menge sollte die gleiche sein, wenn der Verbrauch unverändert bleibt.

Bei der Bandblechbeschichtung werden normalerweise die Lösemittel aus dem Abfalllack zurückgewonnen und für Reinigungsarbeiten wiederverwendet. Der zurückbleibende feste Abfall wird normalerweise außerhalb der Anlage verbrannt.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in Anlagen, die große Mengen an Lösemitteln verwenden. Die Rückgewinnung von Reinigungsmitteln wird allgemein angewendet beim/in:

- Illustrationstiefdruck, Heatset-Offsetdruck, im Flexo- und Verpackungstiefdruck. Aber nur beim Verpackungstiefdruck und in Offsetanlagen, die mehr als 200 Liter Reinigungsmittel pro Woche verwenden
- Lackieren und Bedrucken von Metallverpackungen
- Lackieren von Möbeln, z.B. bei der Lackierung von Holzküchen und Badmöbeln
- der Wickeldrahtindustrie
- der Automobilindustrie.

Die Reinigung von Spüllösemitteln wird in allen Branchen, die leitungsgebundene Anlagen verwenden, durchgeführt, z.B. zur Lack- oder Druckfarbenzufuhr und allgemein in der Automobilindustrie.

Man muss darauf achten, dass sicher gestellt ist, dass durch Destillation oder Filtration (oder jede andere Methode) zurückgewonnene Lösemittel nur da verwendet werden, wo sie die technischen Spezifikationen erfüllen. Sie können alternativ für andere Anwendungen genutzt oder so aufgearbeitet werden, dass sie die Spezifikationen erfüllen (obgleich das normalerweise teurer ist, als neue Lösemittel zu kaufen).

**Wirtschaftlichkeit:** Es werden durch geringeren Verbrauch an Lösemitteln und geringeren Mengen an gefährlichen Abfällen Einsparungen erzielt. In großen Anlagen werden die Einsparungen die Investitionen ungefähr ausgleichen. Die Investitionskosten für eine Rückgewinnung von Reinigungsmitteln könnte z.B. im Bereich von 3.000 – 150.000 € liegen, abhängig z.B. von Größe, Behälterkapazität und Automatisierung.

Die Wiederverwendung von gebrauchten gefährlichen Lösemitteln ist eine rentable Angelegenheit. Die Verwendung von gebrauchten gefährlichen Lösemitteln ist ertragreich für eine Firma, bei der gebrauchte Lösemittel anfallen, da die Firma nicht für die Ablagerung gefährlichen Abfalls bezahlen muss. Die Firma, die die gebrauchten Lösemittel verarbeitet, erhält die erforderliche Lösemitteleinsatzmenge billig und der Endverbraucher, der aufgearbeitete Lösemittel in seinem Herstellungsprozess benutzt, erhält die Rohstoffe zu einem günstigen Preis.

Die Installation einer typischen Lösemittelrückgewinnungsanlage in der Automobilindustrie kostet 0,4 Mio. € pro Spritzkabine.

**Gründe für die Einführung:** Lösemittelrecycling und VOC-Emissionsminderung.

**Beispielbetriebe:** Ford Werke in Europa.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [13, DFIU and IFARE, 2002] [62, CITEPA, 2003] [68, ACEA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

## 20.13.2 Behandlung von gebrauchten Lösemitteln zur Wiederverwendung

### 20.13.2.1 Filtration

Siehe auch Abschnitt 20.13.1.

**Beschreibung:** Schmutzige Reinigungslösungen, z.B. von HBS (Hochsieder) oder VCA (pflanzliche Öle), können gefiltert werden. Das Lösemittel kann wiederverwendet werden, und der wässrige Rückstand kann normalerweise in eine kommunale Abwasseranlage eingeleitet werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Weniger Abwasser und geringerer Verbrauch an frischen Lösemitteln.

**Medienübergreifende Effekte:** Filtration erfordert Energie, und der wässrige Rückstand muss eingeleitet werden. Die Auswirkungen auf die aquatische Umwelt sind nicht ausreichend berücksichtigt worden. Jegliches gelöstes HBS oder VCA im in die kommunale Abwasseranlage eingeleiteten Abwasser hat drastische Auswirkungen auf den chemischen und auf den biologischen Sauerstoffbedarf.

**Betriebsdaten:** Es wurden in den Niederlanden Experimente mit schwerflüchtigen Reinigungsmitteln in Reinigungsmaschinen für flexible Verpackungen durchgeführt. Filtration und Wiederverwendung der Reinigungsmittel waren ein entscheidender Teil dieser Experimente.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA Deutschland, 2003] [76, TWG, 2004]

#### 20.13.2.2 Destillation

Siehe auch Abschnitt 20.13.1.

**Beschreibung:** Lösemittelbasierte Abfälle, wie Druckfarben, Lacke, Farben und Klebstoffe können zur Wiedergewinnung des Lösemittels destilliert werden und mindern die Menge an gefährlichem Abfall. Es gibt Destillationsanlagen speziell für diesen Zweck.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die Menge an gefährlichem Abfall wird reduziert, und das Lösemittel kann wiederverwendet werden, z.B. zur Reinigung.

**Medienübergreifende Effekte:** Destillation benötigt Energie. Im Vergleich zur Verbrennung, die $CO_2$ bildet und auch Energie benötigt, ist es aber wahrscheinlich, dass Destillation und Wiederverwendung Energie einsparen. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Die Destillationsanlage muss sorgfältig installiert und betrieben werden. Reinigungsmittel mit einem hohen Flammpunkt haben allgemein auch einen hohen Siedepunkt. Für diese Lösemittel kann nur eine Vakuumdestillationsanlage verwendet werden (siehe Abschnitt 20.12.4); in diesen Fällen könnte durch eine Membranfiltration angewendet werden (siehe Abschnitt 20.12.6). Es wurde berichtet, dass relativ kleine Vakuumdestillationseinheiten (50 Liter) erhältlich sind. Außerdem kann die Membranfiltration teuer sein, und viele der verwendeten Lösemittel können die Membran angreifen.

Es gibt Reinigungsmaschinen, in denen eine Destillationseinheit eingebaut ist.

In Illustrationstiefdruckanlagen (in denen Toluol der einzige Druckfarbenverdünner ist) kann die Destillationsanlage für Reinigungsmittel möglicherweise auch für entsprechenden Druckfarbenabfall verwendet werden. Das Destillieren von Druckfarbenabfall ist aber nicht wirtschaftlich.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen. Anwendbar auf lösemittelbasierte Druckfarben und Klebstoffe.

Es findet keine Destillation von Druckfarbenabfällen beim Illustrationstiefdruck statt, da nur vier Farben verwendet werden und nur wenig Druckfarbenabfall anfällt.

Die Destillation von Druckfarbenabfällen beim Verpackungstiefdruck ist abnehmend, da weniger Druckfarbenabfälle durch Anwendung einer automatisierten Mischung der Druckfarben anfallen (siehe Abschnitt 20.6.3.1). Wo eine Vor-Ort-Destillation nicht wirtschaftlich ist, können externe Destillierer benutzt werden, z.B. aus dem Illustrationstiefdruck.

Die Destillation wird in der Automobilindustrie angewendet, wenn die zurückgewonnenen Lösemittel in Prozessen mit geringeren Qualitätsanforderungen, wie der allgemeinen Reinigung, benutzt werden können.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Investitionskosten beginnen bei 10.000 € für eine kleinere Vakuumdestillationsanlage, abhängig von der Größe, der Tankkapazität und der Automatisierung. Es treten zusätzliche Kosten auf, wenn die vorhandene Ausrüstung/Anlage zur Destillation des Reinigungsmittels verwendet werden kann.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [14, DFIU und IFARE, 2002] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.13.3 Einwegreinigungstücher/ Wegwerfreinigungstücher

**Beschreibung:** Die Reinigung kann mit wegwerfbaren und wiederverwendbaren Tüchern durchgeführt werden. Sind sie schmutzig, werden die Einwegtücher weggeworfen und als gefährlicher Abfall behandelt. Das schließt normalerweise eine Verbrennung ein.

Einwegtücher werden allgemein aus Synthetikfasern gemacht. Pro Gewichtseinheit können sie um ein vielfaches mehr Reinigungsmittel und Schmutz aufnehmen als wiederverwendbare Tücher. Nach der Benutzung werden sie inclusive der Schmutzanhaftungen verbrannt. Da Einwegtücher sehr leicht sind, hat die Verbrennung des Schlamms aus der Reinigung von wiederverwendbaren Tüchern nur einen kleinen Vorteil gegenüber der Verbrennung von Einwegtüchern.

Wegwerftücher haben viel bessere Adsorptionseigenschaften als wiederverwendbare Tücher. Folglich wird weniger Gewicht und Volumen benötigt. Die dabei aufzubringende Transportleistung ist daraus folgend auch viel kleiner.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es gibt keinen klaren Umweltunterschied zwischen Einweg- und Mehrwegtüchern. Es gibt keinen Umweltvorteil für eine Variante.

**Medienübergreifende Effekte:** Rohstoffe, die verbraucht werden bei der Herstellung der Wegwerftücher.

**Betriebsdaten:** Ein bedeutender Faktor bei der Entscheidung für Wegwerftücher ist der Schaden, der auf sehr empfindlichen Oberflächen, wie Offsetdruckplatten, und Tiefdruckzylindern durch Verwenden von Mehrfachtüchern auftreten kann, die nicht komplett frei von Verunreinigungen aus vorhergehender Verwendung sind.

**Anwendbarkeit:** Wegwerftücher werden allgemein in allen Industriebranchen verwendet, z.B. in der Druck- und der Bandblechbeschichtungsindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.13.4 Wiederverwendbare Reinigungstücher/ Mehrwegtücher

**Beschreibung:** Die Reinigung kann mit Wegwerftüchern oder wiederverwendbaren Tüchern erfolgen. Wiederverwendbare Tücher werden normalerweise gemietet. Wenn sie verschmutzt sind, werden sie an das Mietunternehmen zurückgeschickt, wo sie gewaschen und wieder in den Kreislauf gebracht werden.

Mehrwegtücher werden aus Naturfasern hergestellt. Nach dem Gebrauch werden sie mit Lösemitteln gewaschen und dann getrocknet. Das verschmutzte Lösemittel wird destilliert und der Schlamm als gefährlicher Abfall verbrannt. Das Waschen, Trocknen und der Destillationsprozess für Mehrwegtücher trägt zu steigenden Lösemittelemissionen bei.

Weil Mehrwegtücher viel weniger adsorbieren als Wegwerftücher, wird ein höheres Gewicht und Volumen benötigt. Der damit verbundene Transportaufwand ist demzufolge größer für den gleichen Reinigungsumfang. Mehrwegtücher erzeugen aber weniger Abfall als Wegwerftücher.

**Erreichte Umwelteffekte:** Es gibt keinen klaren Umweltunterschied zwischen Einweg- und Mehrwegtüchern. Es gibt keinen Umweltvorteil für eine Variante.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wiederverwendbare Tücher sind stärker und dicker als Wegwerftücher. Das macht sie geeignet für Situationen, wo Armkraft und sich wiederholende Handgriffe notwendig sind, um die Objekte zu reinigen. Diese Kraft wird nicht auf sensiblen Oberflächen benötigt.

**Anwendbarkeit:** Wiederverwendbare Tücher werden allgemein in allen Industriebranchen benutzt, z.B. in der Druck- und der Bandblechbeschichtungsindustrie.

Mehrwegreinigungstücher sind zu hart für das Oberflächenfinish von Werkstücken aus Holz.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf und EGF, 1999] [18, UBA Deutschland, 2003] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004]

### 20.13.5 Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln aus Putztüchern

**Beschreibung:** Die Mehrheit der Lösemittel aus Tüchern wird vor dem Transport durch Abtropfenlassen mittels Schwerkraft, in einer Wringmaschine oder in einer Zentrifuge entfernt.

Diese Technik ist eine Antwort auf die schlechte Praxis, zu viel Lösemittel zu verwenden und den Überschuss der gebrauchten Lösemittel über die Tücher zu kippen, um es nicht separat entsorgen zu müssen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Die zurückgewonnenen Lösemittel können erneut zur Reinigung verwendet werden oder wenn sie zu verschmutz sind, destilliert und wiederverwendet werden (siehe Abschnitt 20.13.2.2). Es muss weniger Gewicht transportiert werden. Geringere Emissionen während der Lagerung und des Transports.

**Medienübergreifende Effekte:** Es treten Emissionen vor Ort auf durch die Behandlung/Handling, die zur Entfernung der Lösemitteln aus den Tüchern erforderlich ist. Lärmwerte können ansteigen.

**Betriebsdaten:** Allgemein angewendet in der Druckindustrie in den USA.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in allen Druckanlagen, die Lösemitteltücher verwenden. Die Tücher können wiederverwendet oder zur Entsorgung vorgesehen sein.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [53, US EPA et al., 2003] [76, TWG, 2004]

### 20.13.6 Wiederverwendbare Mehrwegbehälter

**Beschreibung:** Viele Rohstoffe werden in Mehrweg-Behältern/-Containern geliefert, wie z.B. IBC-Container mit einer Kapazität von rund 1 Tonne oder 200-Liter-Standardfässern usw. Diese Behälter können zur Wiederverwendung zurückgegeben oder zum Transport von Lösemitteln wiederverwendet werden. Das Einlegen einer Auskleidung, die nicht mit dem Inhalt reagiert und entsorgt werden kann, kann eine Beschädigung der 200 Liter Fässer mit Deckelöffnung verhindern und die Wiederverwendung vereinfachen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderter Abfall.

**Medienübergreifende Effekte:** Vor der Wiederverwendung müssen die Behälter gereinigt werden, normalerweise erfolgt das nicht vor Ort.

**Betriebsdaten:** Große Offsetdruckanlagen verwenden eine Direktzufuhr der Druckfarbe mittels Rohr-/Schlauchsystem. Lösemittel, die als Reinigungsmittel verwendet werden, werden normalerweise in wiederverwendbaren Behältern aufbewahrt. Eine direkte Druckfarbenversorgung der Pressen über ein Rohrsystem erfordert weniger Abfallbehälter und große Behälter.

Ein Nachteil könnte sein, dass die Wiederverwendung von leeren Druckfarben- oder Lösemittelbehältern die Rückgabe dieser Behälter zum Hersteller erfordert. Da der Handel mit Druckfarben international erfolgt, müssten die leeren Metallbehälter gesammelt, gelagert und dann quer durch Europa verschifft werden.

**Anwendbarkeit:** anwendbar in allen Anlagen, die große Materialmengen verwenden.

Beim Heatset-Rollenoffsetdruck werden die Standardfarben der Offsetdruckfarben in wiederverwendbaren Behältern geliefert.

Beim Flexoverpackungsdruck beschränken die vielen unterschiedlichen Farben, die verwendet werden, die Anwendbarkeit. Die Menge pro Farbe lohnt nicht die Rücksendung des Behälters zum Lieferanten mit der möglichen Ausnahme von weißer Druckfarbe, einigen Lacken und Klebern. Die Behälter, in denen die Druckfarben geliefert wurden, werden in der Firma wiederverwendet. Sie werden zum Mischen von Farben verwendet, zum Verdünnen von Druckfarben oder zum Transport der Druckfarben zu den Pressen. Sie werden regelmäßig gereinigt und mehrere Male wiederverwendet.

In Bandblechbeschichtungsanlagen werden gewöhnlich wiederverwendbare Großbehälter für den Lack verwendet. Sie werden auch in die Wickeldrahtindustrie geliefert und nach dem Gebrauch zum Lieferanten zurück gesendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Druckfarben und Lösemittel, die in großen Mengen in wiederverwendbaren Großbehältern geliefert werden, sind oftmals billiger, und es muss weniger Abfall entsorgt werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [4, Intergraf and EGF, 1999] [58, ECCA, 2004] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

### 20.13.7 Behandlung der benutzten Aktivkohle

Zur Behandlung der Abgase kann eine Adsorption verwendet werden (siehe Abschnitt 20.11.6.1). Wenn die Oberfläche des Adsorbens das Maximum nahezu aufgenommen hat, nimmt die Leistung der Adsorption ab. Das Adsorbens wird dann normalerweise durch Desorption des aufgenommenen Lösemittels (und anderer Materialien) regeneriert. Das kann vor Ort geschehen (siehe Abschnitt 20.11.6.1) oder außerhalb der Anlage (siehe Abschnitt 20.13.7.2 unten). Das Adsorbens nimmt auch Material auf, das nicht desorbiert werden kann, und das besetzt einen zunehmenden Anteil der Oberfläche, was zu einer Abnahme der Abscheidemenge des abzuscheidenden Schadstoffes führt. Das Adsorbens kann durch Wärmebehandlung regeneriert werden (siehe Abschnitt 20.13.7.1).

#### 20.13.7.1 Vor-Ort-Rückgewinnung von gebrauchter Aktivkohle und anderen Adsorbentien

**Beschreibung:** Die Kohle adsorbiert nicht nur die Lösemittel aus dem Abgas sondern auch Stoffe, die nicht während der Regeneration/ des Lösemittelentfernungsprozesses (siehe Abschnitt 20.11.6.1) entfernt werden, z.B. nicht rückgewinnbare Lösemittel, Abbindeverzögerer und Weichmacher. Das führt dazu, dass nach einer gewissen Zeit die Leistung des Adsorbens abfällt. Das Adsorbens kann in gewissen Fällen vor Ort oder außerhalb der Anlage durch Wärmebehandlung regeneriert werden.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verlängerung der Standzeit des Adsorbens.

**Medienübergreifende Effekte:** Es wird Energie zur Regeneration benötigt. Die Wärmebehandlung kann zu steigenden Emissionen des adsorbierten Materials und seiner Zerfallsprodukte führen.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Es entstehen Einsparungen beim Kauf von frischen Adsorbentien, aber die Energiekosten müssen berücksichtigen werden.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [128, TWG, 2005].

#### 20.13.7.2 Regeneration/ Lösemittelentfernung aus der verwendeten Aktivkohle und anderen Adsorbentien außerhalb der Anlage

**Beschreibung:** Die lösemittelbeladenen Abgase werden durch einen Adsorber mit Aktivkohle oder anderem Adsorbens geleitet. Das kann ein das Adsorbens enthaltender Kanister sein, der an der Abzugsöffnung/Entlüftung platziert ist. Ist er gesättigt, wird der Kanister mit dem Adsorbens an den Lieferanten zur Regeneration zurückgegeben. Wo das Abgas einige verschiedene Lösemittel enthält, ist die Rückgewinnung der Lösemittel ein komplizierter Prozess. In diesem Fall kann eine Regeneration bei einer Spezialfirma effektiver erfolgen.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verringerter Verbrauch an Adsorbens.

**Medienübergreifende Effekte:** Eine Regeneration außerhalb der Anlage erfordert eine Sorte Adsorbens, die stabil genug für einen Transport ist.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Kanister sind insbesondere für kleine Durchflussmengen mit geringer Beladung geeignet, hohe Beladungen würden einen häufigen Kartuschenwechsel erfordern. Sie werden oft zur Geruchsminderung eingesetzt.

Insbesondere geeignet für Anlagen, die nur eine Art Lösemittel verwenden.

Nicht in Fahrzeuglackieranlagen eingesetzt, aber in Lackieranlagen für Zulieferteile für die Automobilindustrie.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei einem Abluftstrom von 7000 $m^3/h$ und <20 t/a an Lösemitteln betragen die Kosten über 100.000 € pro Jahr. Für kleine Ströme ist die Anwendung von Kanistern aber als kostengünstiges System anzusehen.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU and IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [75, Jansen, 2005] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

#### 20.13.7.3 Verbrennung von gebrauchter Aktivkohle oder anderer Adsorbentien

**Beschreibung:** Können die Aktivkohle oder andere Adsorbentien nicht regeneriert werden, werden sie normalerweise durch Verbrennung beseitigt.

**Erreichte Umwelteffekte:** Kohle und andere Adsorbentien, die nur einmalig gebraucht werden, können generell mehr Lösemittel aufnehmen als die, die regeneriert werden können.

**Medienübergreifende Effekte:** Die zu verbrennende Gesamtmenge ist größer, da nicht nur das Lösemittel sondern auch die Kohle verbrannt wird. Demzufolge wird mehr Kohle verbraucht.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.
**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Referenzliteratur:** [35, Aminal, et al., 2002] [14, DFIU und IFARE, 2002] [60, ESIG, 2000] [128, TWG, 2005].

### 20.13.8 Abwasserschlämme

Techniken zur Behandlung und Handhabung von Abwasserschlämmen sind detaillierter im BVT-Merkblatt STM beschrieben [59, EIPPCB, 2005] und im BVT-Merkblatt CWW [67, EIPPCB, 2003], als auch in speziellen Texten wie z.B. [93, Agences de l'Eau de France, et al., 2002].

#### 20.13.8.1 Zentrifugen

**Beschreibung:** Zentrifugen werden zur Entwässerung von Lackschlämmen verwendet. Der Lackschlamm wird entsorgt, wohingegen das Wasser gewöhnlich zurück in den Abwasserbehandlungsprozess geschickt wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Einfacheres Handling des Schlamms. Weniger fester oder schlammiger Abfall zu entsorgen.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Es kann ein Wassergehalt von 50 - 70 % erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Diese Verfahren werden in der Automobilindustrie eingesetzt, wenn der Wassergehalt nach der Sedimentation oder Flotation noch zu hoch ist. Im Falle von Phosphatschlamm können stattdessen Filterpressen benutzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringere Kosten für Transport und Entsorgung von Lackschlämmen.

**Gründe für die Einführung:** Kostenminderung, rechtliche Anforderungen.

**Beispielbetriebe:** VW, Emden, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

#### 20.13.8.2 Filterpressen

**Beschreibung:** Abgeschiedener Phosphatschlamm (wie z.B. aus einem Lamellenseparator) wird oftmals mit Hilfe einer Filterpresse mit gewebten Stofffiltern entwässert.

**Erreichte Umwelteffekte:** Einfacherer Umgang und leichtere Entsorgung des Abfalls. Gemindertes Abfallvolumen und –gewicht.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Wassergehalte von 40 – 60 % können erreicht werden.

**Anwendbarkeit:** Diese Verfahren werden allgemein in der Automobilindustrie eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringere Kosten für Transport und Entsorgung von Lackschlämmen.

**Gründe für die Einführung:** Kostenminderung, rechtliche Anforderungen.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [59, EIPPCB, 2005] [76, TWG, 2004]

## 20.14 Staubminderung

Für integrierte Techniken zur Staub- oder Partikelminderung aus Spritzkabinen siehe Abschnitte 20.7.4.1, 20.7.4.2 und 20.7.4.3. Für nachgeschaltete Staubminderungstechniken siehe Abschnitt 20.11.3 – Abgasvorbehandlung.

## 20.15 Geruchsminderung

Viele Lösemittel verwendende Prozesse haben Geruchsauswirkungen. Prozessintegrierte oder nachgeschaltete Abgasmaßnahmen zur Reduzierung von Lösemittelemissionen als auch die Installation von hohen Kaminen für Abgasemissionen beheben diese auch - siehe Abschnitte 20.10 – Substitution und 20.11 – Abgasbehandlung).

### 20.15.1 Druckausgleichsbehälter während der Belieferungen von lösemittelhaltigen Materialien

**Beschreibung:** Während der Belieferung mit lösemittelhaltigen Materialien werden die Dämpfe in allen Rohren und im Gasraum der Tanks/Behälter abgelassen, oder sie können gependelt werden (siehe Abschnitt 20.2.2). Wo eine Gaspendelung nicht benutzt wird oder unpraktikabel ist, z.B. wegen zu langer Rohrstücke, Gegendruck oder der Vertragsbedingungen mit Lieferanten und deshalb Entlüftungsklappen benutzt werden, sollten sie so platziert sein, dass das Auftreten von lästigen Gerüchen außerhalb des Firmengeländes vermieden wird.

**Erreichte Umwelteffekte:** Keine Daten übermittelt.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Betriebsdaten:** Keine Daten übermittelt.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine Daten übermittelt.

**Gründe für die Einführung:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Allgemein angewendet.

**Referenzliteratur:** [121, UK, et al., 2003] [128, TWG, 2005] [164, Verspoor, 2006]

## 20.16 Lärmminderung

**Beschreibung:** Es ist gute Praxis, den Lärm aus der Anlage zu mindern, so dass Auswirkungen auf sensible Bereiche unerheblich sind. Lärm kann erzeugt werden:

- in Prozessen, insbesondere bei schnell beweglichen Maschinen (wie Falt- und Schneidmaschinen in Druckprozessen, Anlagen zum Stempeln und Ziehen, schnell laufende Bänder usw.)
- bei damit verbundenen Arbeiten und Anlagen wie Luftkompressoren, Luft-/Abgasabsauganlagen, Abgasnachverbrennern usw.

Lärm kann eliminiert oder vermindert werden :

- in Prozessen und bei technischen Verfahren durch:
  - technische Lärmkontrollmaßnahmen, wo erforderlich, wie die Installation von Dämpfern bei großen Lüftern, die Verwendung von Lärmeinhausungen
  - Verhindern der Wahl von Anlagen, die laut sind oder einen bestimmten Tonwert haben usw.
  - Einhausen von Pressen und anderen Lärmquellen
- durch Managementmaßnahmen:
  - effektive vorbeugende Wartung bei lauten Anlagen, z.B. Ersatz von Lagern oder Lüftermotoren
  - Lieferverkehr kann auch örtliche Auswirkungen haben und kann durch verminderte Lieferungen und oder Regeln der Lieferzeiten gelenkt werden
  - ein effektiver Anlagenbetrieb schließt die Abschottung der Anlieferungsbereiche und die Schließung der Werkstatttore ein.

**Erreichte Umwelteffekte:** Verminderter Lärm. Effektive vorsorgliche Wartung von Lüftern und Motoren kann den Energiebedarf mindern.

**Medienübergreifende Effekte:** Das Verwenden von Dämpfern kann zu einer Erhöhung des Energiebedarfs führen, da der Druckverlust zunimmt.

Das Schließen von Laderaumtüren kann den Bedarf an interner Ventilation und Kühlung erhöhen.

**Betriebsdaten:** Betriebsortspezifisch.

**Anwendbarkeit:** Anwendbar in neuen und bestehenden Anlagen, wie beim Heatset- und Illustrationstiefdruck (wo Falt- und Schneidmaschinen gewöhnlich eingehaust sind), aber nicht beim Bahnendruckprozess (wo das Produkt auf Rollen ist).

**Wirtschaftlichkeit:** Fallspezifisch, aber amortisiert sich normalerweise nicht. Erhöhte Kosten für Ventilation, wenn Anlieferungsbereiche und Werkstatttüren geschlossen sind.

**Gründe für die Einführung:** Verhinderung von Lärmbeschwerden. Erfüllung der Gesundheitsvorschriften am Arbeitsplatz (was oft zur Einhausung von Lärmquellen führt zur Verhinderung von hohen Werten außerhalb der Anlage.

**Beispielbetriebe:** Weitverbreitet angewendet.

**Referenzliteratur:** [111, Eurofer, 2003] [128, TWG, 2005]

# 21 BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN ZUR BEHANDLUNG VON OBERFLÄCHEN MIT LÖSEMITTTELN

**Einleitung**
Zum Verständnis des Kapitels und seiner Inhalte wird noch einmal auf das Vorwort zu diesem Dokument und insbesondere auf Abschnitt 5 des Vorwortes "Anleitung zum Verständnis und zur Benutzung des vorliegenden Dokumentes" verwiesen. Die in diesem Kapitel beschriebenen Techniken und die damit zusammenhängenden Verbräuche und/oder Emissionswerte oder Emissionswertbereiche wurden in einem aus folgenden Schritten bestehenden iterativen Verfahren ermittelt:

- Identifizierung der wichtigsten Umweltfaktoren der Oberflächenbehandlung mit organischen Lösemitteln: das sind Lösemittelemissionen in die Luft, Energieverbrauch, Lösemittelemissionen in das Wasser (insbesondere in das Grundwasser), Bodenverunreinigung durch Lösemittel und Abfälle
- Untersuchung der Techniken, die für diese wichtigen Faktoren am relevantesten sind
- Identifizierung der besten Umweltleistungen auf der Basis der verfügbaren Daten in der Europäischen Union und weltweit
- Untersuchung der Bedingungen, unter denen diese Leistungen erreicht werden, z.B. Kosten, medienübergreifende Aspekte und die wichtigsten Gründe für die Einführung dieser Techniken
- Auswahl der besten verfügbaren Techniken (BVT) und der damit verbundenen Verbrauchs- und/ oder Emissionswerte für diesen Sektor im Allgemeinen, und zwar in Übereinstimmung mit Artikel 2(11) und Anhang IV der IVU-Richtlinie.

Für jeden dieser Schritte und die Art, wie die Informationen in dem vorliegenden Dokument präsentiert werden, haben das Expertenurteil des IPPC-Büros und der zuständigen technischen Arbeitsgruppe (TWG) eine wesentliche Rolle gespielt.

Auf der Grundlage dieser Einschätzung werden in diesem Kapitel Techniken und, soweit möglich, Verbrauchs- und Emissionswerte im Zusammenhang mit dem Einsatz von BVT präsentiert, die für diese Branchen insgesamt als angemessen angesehen werden und die in vielen Fällen die derzeitige Leistung der Anlagen widerspiegeln. Werden verbrauchs- und Emissionswerte im Zusammenhang mit dem Einsatz von BVT dargestellt, ist das so zu verstehen, das die dargestellten Werte die Umweltleistung aufweisen, die man annehmen kann bei Anwendung der beschriebenen Technik in dieser Branche. Dabei werden Kosten und Nutzen auf Basis der Definition von BVT berücksichtigt. Sie sind aber weder Verbrauchsgrenzwerte noch Emissionsgrenzwerte und sollten auch nicht als solche aufgefasst werden. In einigen Fällen kann es technisch möglich sein, bessere Verbrauchs- oder Emissionswerte zu erreichen, aber wegen damit verbundener Kosten oder medienübergreifender Auswirkungen werden sie nicht als BVT für den Sektor insgesamt angesehen. Allerdings können solche Werte in besonderen Fällen, in denen besondere Beweggründe vorliegen, gerechtfertigt sein.

Die mit der Anwendung von BVT verbundenen Verbrauchs- und Emissionswerte (BAT AEL) müssen gemeinsam mit den angegebenen Referenzbedingungen (z.B. Durchschnittdauer) gesehen werden.

Das oben beschriebene Konzept der BAT AEL muss von dem in diesem Dokument ebenfalls verwendeten Begriff der 'erreichbaren Werte' unterschieden werden. Wird ein Wert als mit Hilfe einer speziellen Technik oder einer Kombination von Techniken als 'erreichbar' beschrieben, so ist das als ein Erreichen dieses Wertes im Laufe einer längeren Zeitspanne in einer gut gewarteten und geführten Anlage zu sehen oder mit einem Verfahren, in dem diese Technik eingesetzt werden kann.

Kosten wurden, sofern verfügbar, bei der Beschreibung der Techniken in den vorherigen Kapiteln angegeben. Diese geben grobe Hinweise über die Größenordnung, in der sich die Kosten bewegen. Die tatsächlichen Kosten der Anwendung der Technik hängen aber stark von der spezifischen jeweiligen Situation ab, z.B. von Steuern, Gebühren und technischen Besonderheiten der betroffenen Anlage. Es ist nicht möglich, diese standortspezifischen Faktoren in

diesem Dokument umfassend zu beurteilen. Wenn keine Kostendaten vorlagen, wurden die Schlussfolgerungen zur ökonomischen Verfügbarkeit (Wirtschaftlichkeit) der Technik aus Beobachtungen bereits bestehender Anlagen abgeleitet.

Die allgemeinen BVT in diesem Kapitel sind als Referenzangaben für die Beurteilung der derzeitigen Leistung einer bestehenden Anlage oder eines Antrages auf eine neue Anlage gedacht. Sie helfen daher bei der Bestimmung der jeweiligen BVT-gestützten Auflagen für die Anlage oder bei der Festlegung allgemein verbindlicher Vorschriften gemäß Artikel 19, Absatz 8. Neue Anlagen sollen so entworfen werden, dass ihre Leistung den allgemeinen, hier angegebenen BVT-Werten entspricht oder diese sogar übertrifft. Ebenso ist berücksichtigt, dass sich bestehende Anlagen je nach technischer oder wirtschaftlicher Eignung der Techniken im Einzelfall den allgemeinen BVT-Werten nähern oder diese übertreffen.

Die BVT-Referenzdokumente enthalten keine gesetzlich bindenden Normen, sondern sind bezüglich der beim Einsatz spezieller Techniken erreichbaren Emissions- und Verbrauchswerte als Orientierungshilfe für die Industrie, Mitgliedsstaaten und Öffentlichkeit gedacht. Die jeweiligen Grenzwerte müssen für jeden Einzelfall unter Berücksichtigung der Ziele der IVU-Richtlinie und örtlicher Gegebenheiten festgelegt werden.

**Einige Hilfen zum Verständnis diese Kapitels**

1. Der Sektor “Oberflächenbehandlung mit Lösemitteln” umfasst eine große Gruppe von Industriebranchen, die unterschiedlich in ihrer Komplexität, Größe und Art der Tätigkeiten sind (angesprochen in den Kapiteln 2 bis 19). Die Techniken, die bei der Bestimmung von BVT zu berücksichtigen sind, befinden sich im Abschnitt 4 jedes Branchenkapitels. Die jeweils in allen Branchen gleichen wesentlichen Umweltbelange und die Techniken zu deren Behandlung wurden aber auch bezüglich ihrer allgemeinen Anwendbarkeit in mehr als einer Branche bewertet, mit dem Resultat, dass die Mehrheit dieser Techniken in Kapitel 20 beschrieben wurden. Es wird deshalb sehr empfohlen, das BVT-Kapitel (Kapitel 21) in Zusammenhang mit Kapitel 20 als auch den Abschnitten 4 der Kapitel 2 bis 19 (die die jeweiligen Branchen beschreiben) zu lesen. Um dem Leser zu helfen, wurden Querverweise zu Kapitel 20 und anderen relevanten Abschnitten in diesem Kapitel (Kapitel 21) angelegt.

2. In diesem Kapitel werden die BVT-Schlussfolgerungen auf zwei Ebenen dargestellt. Abschnitt 21.1 behandelt die allgemeinen BVT-Schlussfolgerungen, d.h. die allgemein im gesamten Sektor anwendbar sind. Abschnitt 21.2 und folgende enthalten die BVT-Schlussfolgerungen für die spezifischen Branchen, so dass eine BVT für jede spezifische Oberflächenbehandlung ein Kombination ist aus:

- den allgemeinen und bekannten Techniken für diesen Sektor (Abschnitt 21.1) und
- den branchenspezifischen Techniken, anwendbar für den bestimmten Fall (ab Abschnitt 21.2 beginnend).

Gibt es bekannte Ausnahmen, dass eine BVT unter bestimmten Bedingungen oder in bestimmten Fällen nicht anwendbar ist, wird dieser Fall in dem entsprechenden Abschnitt angegeben.

3. Wo wasserbasierte Oberflächenbehandlungsprozesse (wie sie in Anhang 2.6 der IVU-Richtlinie definiert sind) in Verbindung mit lösemittelbasierten Prozessen betrieben werden, können die relevanten BVT für die wasserbasierte Behandlung im BVT-Merkblatt STM[22] gefunden werden. Das BVT-Merkblatt STM gilt hauptsächlich für wasserbasierte Reinigung/Entfettung, Passivierung, Phosphatierung oder andere wasserbasierte chemische Behandlungen und das Spülen mit Wasser an. Die Techniken und damit verbundenen BVT zum Ersatz lösemittelbasierter Prozesse durch wasserbasierte Prozesse sind in diesem Merkblatt beschrieben.

[22] BVT-Merkblatt über die Behandlung von Oberflächen aus Metall und Kunststoff [59, EIPPCB, 2005]

4. Zusätzliche Techniken und unterstützende Informationen können in anderen BVT-Merkblättern, insbesondere im BVT-Merkblatt CWW[23], dem BVT-Merkblatt zur Lagerung[24] und dem Merkblatt zum Monitoring[25] gefunden werden. Die BVT-Schlussfolgerungen in diesen Merkblättern sind nicht in Bezug auf Beschichtungsprozesse mit Lösemitteln bewertet worden, wenn aber ähnliche physikalische und /oder chemische Bedingungen herrschen, können unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit die Schlussfolgerungen möglicherweise in diesem Sektor angewendet werden.

**Einige wesentliche Dinge, die dem Benutzer/Leser dieses Kapitels helfen können**
Während dieses Merkblatt erstellt wurde, sind mehrere wichtige Faktoren im Zusammenhang mit wesentlichen Umweltaspekten sichtbar geworden. Die Kenntnis dieser Aspekte könnte dem Benutzer/ Leser helfen:

5. Viele Anlagen in diesem Sektor unterliegen bereits anderen spezifischen rechtlichen Vorschriften, bezüglich der Luftemissionen- in einigen Fällen bereits seit Jahren. Diese Vorschriften schließen die Anwendung von Emissionsgrenzwerten (ELV bzw. EGW) für einige Stoffe, die in die Luft freigesetzt werden, ein. Insbesondere die EU-Richtlinie 1999/13/EC (EU-Lösemittelrichtlinie) enthält etliche ELVs für Abgas, diffuse Emissionen und Gesamtemissionen als auch alternative Reduzierungspläne mit Zielwerten für Emissionen und Vorschriften zum Ersatz gefährlicher Stoffe (Substitution), (siehe Vorwort und Anhang 24.2).

6. Bei der Interpretation von in diesem Kapitel berichteten Emissionswerten und Leistungsniveaus, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, ist es für den Benutzer/Leser entscheidend zu wissen, dass:

- in Verbindung mit der Anwendung von BVT zitierte Emissions- und Leistungswerte nicht das Gleiche wie Emissionsgrenzwerte (ELV), insbesondere wie in der EU-Lösemittelrichtlinie (siehe Einführung oben) sind
- europaweit, abhängig von der nationalen oder lokalen Zuständigkeit, Grenzwerte auf unterschiedliche Art festgelegt und durchgesetzt werden
- die Erfüllung von ELVs in Genehmigungen und Vorschriften normalerweise zu Emissions- und Leistungswerten führt, die unterhalb dieser ELVs liegen
- Emissionswerte auf unterschiedlichem Wege ausgedrückt werden können, z.B. als Durchschnitt über verschiedene Zeitskalen (z.B. eine Stunde, 24 Stunden oder dauerhaft) in unterschiedlichen Konzentrationsangaben (z.B. mgC/Nm$^3$, mg VOC/m$^3$, etc.)
- die produktionsbezogenene Emissions- und Leistungswerte, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, möglichst mit prozessbezogenen Definitionen angegeben werden (wie z.B. VOC als Gew.-% vom Gesamteinsatz von Druckfarbenfeststoffen, g/m$^2$ E-Beschichtungsfläche, kg VOC pro kg Feststoffeinsatz, etc.). In den meisten Fällen beziehen sich die Definitionen auf die EU-Lösemittelrichtlinie und werden durch die Industrie und Behörden benutzt, um die Übereinstimmung mit den ELVs der EU-Lösemittelrichtlinie oder den REduzierungsplänen nachzuweisen. Die gleichen Definitionen werden hier benutzt, um vorhandene Daten zu nutzen und aus Gründen der Übereinstimmung. Sie sind detaillierter im Anhang 24.2 beschrieben.

7. BVT erfordern die Berücksichtigung der Kosten, Nutzen und medienübergreifenden Effekte (siehe Einführung oben). Aus diesen Gründen wird nicht erwartet, dass eine Anlage betrieben würde, wenn alle Parameter den unteren Wert des mit BVT-verbundenen Wertebereiches aufweisen.

---

[23] BVT-Merkblatt zur Abwasser- und Abgasbehandlung in der Chemischen Industrie; 67 EIPPCB (2003). "Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken bei der allgemeinen Abwasser- und Abgasbehandlung /Managementsystemen der chemischen Industrie", Europäische Komission.

[24] BVT-Merkblatt zu Emissionen aus der Lagerung; 91 EIPPCB (2005). "Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken zu Emissionen aus der Lagerung".

[25] Merkblatt über die allgemeinen Prinzipien des Monitoring; 113 EIPPCB (2003). " Merkblatt über die allgemeinen Prinzipien des Monitoring ".

8. Die Geschwindigkeit, mit der eine einzelne oder eine Auswahl von BVT in einer Anlage eingeführt werden können und die Position dieser Anlage in Bezug auf die Werte, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, könnten z.B. von folgenden Faktoren abhängen (siehe [97, EIPPCB, 2005]):

- ist die Anlage neu oder bestehend, Alter und Bauart der Anlagenausrüstung
- Position der Anlage innerhalb des Investitionszyklus
- Komplexität der Prozesse und tatsächliche Auswahl von Techniken im Betrieb
- bei neuen Anlagen und wesentlichen Veränderungen einer Anlage hängt die Auswahl der Techniken von zusätzlichen Verpflichtungen des Betreibers ab
- Produktionskapazität, -volumen und Produktionspalette
- Art der angewendeten Behandlung und Qualitätsanforderungen (wie Farbpassgenauigkeit)
- Vorhandener Platz
- Kosten, 'Verfügbarkeit' und Robustheit der Technik in der vom Betreiber geforderten Zeitspanne
- erforderliche Zeit im Falle von Änderungen der Tätigkeiten (einschließlich jeder strukturellen Änderung) innerhalb der Anlage und wie das mit den Produktions-anforderungen optimiert werden kann
- Kosten-, Nutzen- und medienübergreifende Auswirkungen einer (bereits) laufenden Minderung von Lösemittelemissionen
- neue und Techniken in Entwicklung, die beim Erreichen von geringeren VOC-Emissions-werten bei geringeren Kosten und geringeren medienübergreifenden Effekten helfen können.

9. Entwicklung: einige Betreiber und/oder Lieferanten können zufriedenstellende Resultate erzeugen mit einer Technik, die andere in scheinbar gleichen Situationen erfolglos angewendet haben oder nicht als einen Investitionsweg zum Erreichen eines garantierten Umweltergebnisses ansehen. Es kann ein bedeutender Entwicklungszeitraum (Jahre) notwendig sein, bevor eine Technik stabil bei niedrigsten Verbrauchs- und/oder Emissionswerten arbeitet, großtechnisch einsetzbar ist und/oder bei anderen Tätigkeiten angewendet werden kann.

10. Umweltverbesserungen werden nicht unbedingt stetig erreicht (z.B. Jahr für Jahr, 2 %-Emissionsminderungen, 5 g/m$^2$-Verbesserungen alle 5 Jahre usw.), weil erhebliche Änderungen an Prozesschritten, wie oben diskutiert, wahrscheinlich z.B. von Investitionskosten, wesent-lichen Ingenieurarbeiten, der Verfügbarkeit eines Substitutes auf dem Markt, abhängig sind.

11. Kundenforderungen (einschließlich von hausinternen Auftraggebern, wie Marketingabteilungen) können Druck auf zwei Wegen ausüben:

- Entgegen Umweltverbesserungen werden bestimmte Behandlungen oder Oberflächenquali-täten vorgegeben, die nur durch Verwendung bestimmter Techniken umsetzbar sind, in denen erhebliche Mengen organische Lösemittel verbunden mit den entsprechenden Emissionen eingesetzt werden, wie z.B. Metallic-Lackfinish bei Bussen
- genauso können aber einige Oberflächenqualitäten oder Anforderungen nur erreicht werden durch Verwendung lösemittelfreier Prozesse oder von Prozessen mit geringem Lösemittelgehalt, wie z.B. 2-Komponenten-Klebstoffe bei flexiblen Verpackungen.

## 21.1 Beste verfügbare Techniken, die in allen Industriebranchen des Sektors anwendbar sind

**BVT FÜR DAS UMWELTMANAGEMENT**

Eine Reihe von Umweltmanagementtechniken sind als BVT anzusehen. Der Umfang (z.B. Grad der Detailliertheit) und die Art eines UMS (z.B. standardisiert oder nichtstandardisiert) wird allgemein auf Art, Maßstab und Komplexität einer Anlage bezogen und die Breite der Umweltauswirkungen, die sie haben kann.

12. BVT ist die Einführung und Aufrechterhaltung eines Umweltmanagementsystems (UMS), welches die folgenden Merkmale (siehe Abschnitt 20.1.1) dem Einzelfall entsprechend angemessen berücksichtigt:

- Definition von Umweltrichtlinien für eine Anlage durch die oberste Leitungsebene (eine Verpflichtung der obersten Leitungsebene wird als Voraussetzung angesehen für eine erfolgreiche Anwendung von weiteren Merkmalen eines UMS)
- Planung und Etablierung von notwendigen Abläufen
- bei Einführung der Abläufe muss besondere Aufmerksamkeit gelegt werden auf
  - Struktur und Verantwortlichkeit
  - Ausbildung, Bewusstsein und Kompetenz
  - Kommunikation
  - Einbeziehung der Mitarbeiter
  - Dokumentation
  - effiziente Prozesskontrolle
  - Wartungsprogramme
  - Vorbereitung auf Notfälle und Reaktion im Notfall
  - Einhaltung der Umweltgesetzgebung.
- Überprüfen der Leistung und Ergreifen von Korrekturmaßnahmen unter besonderer Berücksichtigung folgender Punkte
  - Überwachung und Messungen (siehe auch BVT-Merkblatt Monitoring)
  - korrigierende und vorbeugende Maßnahmen
  - Aktualisierung von Aufzeichnungen
  - Unabhängige (wo anwendbar) interne Überprüfungen, um festzustellen, ob das Umweltmanagementsystem mit den geplanten Festlegungen übereinstimmt, korrekt ausgeführt und gepflegt wird.
- Bewertung durch die Geschäftsleitung.

Drei weitere Merkmale, die die o.g. schrittweise ergänzen können, werden als unterstützende Maßnahmen betrachtet. Allerdings wird ihr Fehlen im Allgemeinen nicht als mit BVT unvereinbar betrachtet. Diese drei zusätzlichen Schritte sind:

- Überprüfen und Validieren des Managementsystems durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle oder einen externen UMS-Prüfer
- Vorbereitung und Publikation (und möglicherweise externe Validierung) eines regelmäßigen Umweltberichts, der alle wichtigen Umweltaspekte der Anlage beschreibt und einen jährlichen Vergleich mit den Umweltzielsetzungen und Einzelzielen sowie ggf. mit den Kennzahlen des Industriezweiges erlaubt
- Einführung und Aufrechterhalten eines international anerkannten freiwilligen Systems wie EMAS und EN ISO 14001:2004. Dieser freiwillige Schritt kann dem UMS eine höhere Glaubwürdigkeit verleihen. Insbesondere EMAS, das alle o.g. Merkmale einschließt, verleiht diese höhere Glaubwürdigkeit. Nicht genormte Systeme können jedoch prinzipiell genauso effektiv sein, sofern sie ordnungsgemäß geplant und umgesetzt werden.

13. Insbesondere für diesen Industriesektor ist es auch wichtig, dass die folgenden potentiellen Merkmale des UMS berücksichtigt werden:

- Planungen, um die Umweltauswirkungen (footprint) einer Anlage zu mindern (siehe BVT 14 unten)
- regelmäßiges internes Branchen- und Anlagenbenchmarking einschließlich:
  - Verbrauch von Rohstoffen, Energie und Wasser einschließlich des effizientesten Einsatzes der eingesetzten Materialien
  - Emissionen in die Luft und das Wasser und Anfall von Abfall
- Wahl der eingesetzten Materialien
- Berücksichtigen der Umweltauswirkungen bei Stilllegung einer Anlage bereits im Stadium der Planung und Auslegung einer neuen Anlage oder Änderung einer bestehenden Anlage
- Berücksichtigung der Entwicklung von sauberen Technologien.

14. BVT ist das Mindern der Umweltauswirkungen (Fußabdruck) einer Anlage bei den Planungsarbeiten und bei kurz-, mittel- oder langfristigen Investitionen, um fortlaufende Verbesserungen zu erreichen unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen- und medienübergreifenden Effekten (siehe Abschnitt 20.1.2), unterstützt durch das Folgende:

- internes Monitoring und Benchmarking des Verbrauchs und der Emissionen, siehe Abschnitt 20.1.3
- Einführung eines Lösungsmittelbilanz(gemäß EU-Lösemittelrichtlinie Anhang III), siehe Abschnitt 20.3.1
- Verstehen der Wechselbeziehungen von Verbrauch und Emissionen in den Prozessen
- Identifizierung von Bereichen für Verbesserungen und Erreichen von BVT
- Anweisen von prioritären Handlungen und identifizierten Investitionen
- Entwickeln eines Zeitplans zur Einführung.

## ANLAGENDESIGN/-AUSLEGUNG, KONSTRUKTION UND BETRIEB

### Verhindern von ungeplanten Freisetzungen/Emissionen

15. Es ist BVT, eine Anlage so auszulegen, zu konstruieren und zu betreiben, dass eine Verschmutzung der Umwelt vermieden wird, indem Gefahren und Gefährdungspfade identifiziert, das Gefährdungspotential auf einfache Weise bewertet und ein Drei-Stufenplan für die zu ergreifenden Maßnahmen aufgestellt wird, um eine Verschmutzung zu vermeiden (siehe Abschnitt 20.2.1). Das ist insbesondere nützlich bei der Verhinderung der Verschmutzung des Grundwassers und Bodens und hilfreich bei der Geländesanierung im Falle der der Einstellung des Betriebes. Der Umfang der Herangehensweise wird in Abhängigkeit von Größe und Komplexität der Anlage und des identifizierten Gefährdungspotentials variieren. Zur Verhinderung von ungeplanten Freisetzungen sollten die Schritte die Maßnahmen einschließen, um die unten stehenden Punkte anzugehen:

Stufe 1:

- Die Anlage sollte ausreichend groß bemessen sein
- Identifizieren von Bereiche, in denen Chemikalien verschüttet werden könnten, sie sollten aus Material sein, das eine undurchlässige Barriere bildet, einschließlich der Identifizierung von jedem möglichen Zugang zu Abwasserkanälen, wie Entwässerungen, Inspektionsluken und ihrer geeigneten Abdichtung
- Sicherstellen der Stabilität der Prozesslinien und –komponenten (einschließlich von nur zeitweise oder selten benutzen Ausrüstungen/Anlagenteilen).

Stufe 2:

- Sicherstellen, dass Lagertanks für Risikostoffe durch konstruktive Techniken geschützt werden, wie z.B. Doppelhüllentanks oder das Aufstellen innerhalb abgeschlossener Bereiche (Auffangbereiche)
- Sicherstellen, dass Tanks im Betrieb in Prozesslinien innerhalb abgeschlossener/ abgedichteter Bereiche liegen
- Werden Flüssigkeiten in den Tank umgepumpt, muss sichergestellt sein, dass der aufnehmende Tank eine ausreichende Größe für die gepumpte Menge hat oder über eine Überfüllanzeige verfügt
- Sicherstellen, dass entweder ein Leckagesystem oder die Auffangbereiche regelmäßig als Teil der Wartungsarbeiten überprüft werden.

Stufe 3:

- Durchführen von regelmäßigen Inspektionen und Testprogrammen
- Vorhalten von Notfallplänen für mögliche Unfälle, sie sollten Folgendes enthalten:
  - Standortbezogene Pläne für Großunfälle (angepasst an Größe und Lage des Standortes)
  - Notfallpläne für Chemikalien- und Ölfreisetzungen
  - Inspektion der Auffangbereiche
  - Richtlinien zum Abfallmanagement beim Umgang mit Abfall, der aus Verschüttungsunfällen anfällt
  - Bestimmen von geeigneten Ausrüstungen und regelmäßige Kontrolle der Verfügbarkeit und sicherstellen, dass sie in gutem Gebrauchszustand sind
  - Sicherstellen, dass die Mitarbeiter umweltbewusst und geschult sind beim Umgang mit Verschüttungen und Unfällen
  - Bestimmen der Aufgaben und Verantwortlichkeiten der betroffenen Personen.

**Lagerung von Chemikalien und Abfällen**

16. Es ist BVT, das Brand- und Umweltrisiko bei Lagerung und Handhabung von gefährlichen Materialien zu mindern, insbesondere von:

- Lösemitteln
- Lösemittelbasierten Rohstoffen
- Abfalllösemitteln und verunreinigten Reinigungsmaterialien

Durch Verwendung der in den Abschnitten 20.2.2 und 20.2.2.1 beschriebenen Techniken:

- Lagern von nur kleinen Mengen gefährlicher Rohstoffe für die Produktion am Ort der Anwendung
- Getrennte Lagerung größerer Mengen
- Gaspendelung bei größeren Lagertanks während der Füllung, sofern es möglich ist (siehe Abschnitt 20.2.2)
- Überfüllsicherung an allen festinstallierten Lagertanks
- Benutzen von Einzelfüllstellen für Massengüter
- Lagern der Lösemittel, Abfalllösemittel und Abfallreinigungsmaterialien (wo es die Brandschutzvorschriften erlauben) in abgedichteten Behältern/Containern.

Zusätzliche Informationen können im BVT-Merkblatt Lagerung gefunden werden.

**Anlagenkonstruktion und Betrieb**

17. Es ist BVT, den Verbrauch und die Emissionen zu minimieren, z.B. durch:

- Automatische Oberflächenbehandlungstechniken, wie sie bei den Tätigkeiten und in den Branchen anwendbar sind, siehe Abschnitt 20.2.3

- Sicherstellen, dass das Personal für die zugewiesenen Aufgaben oder für das Bedienen und die Reinigung und Wartung ausgebildet ist, siehe Abschnitt 20.2.4
- Aktualisierung der schriftlichen Prozessbeschreibungen und Handbücher, siehe Abschnitt 20.2.4.
- Optimieren der Arbeiten, siehe Abschnitt 20.2.5 und BVT 14 oben
- Betreiben eines regelmäßigen Wartungssystems, wie in Abschnitt 20.2.6 beschrieben. Das ist wichtig für die Minderung von ungeplanten Emissionen und ist Teil des UMS, siehe BVT 12.

**MONITORING**

18. Es ist BVT, die VOC-Emissionen zu überwachen, um ihre Minimierung zu ermöglichen (siehe Abschnitt 20.3). Eine Lösungsmittelbilanz ist die Schlüsselmaßnahme zum Verstehen des Verbrauchs, der Verwendung und der Emissionen von Lösemitteln, insbesondere der diffusen VOC-Emissionen, siehe Abschnitt 20.3.1.

Zusätzliche Techniken und Informationen können dazu im BVT-Merkblatt Monitoring gefunden werden.

Es ist BVT, die entsprechenden Techniken aus Abschnitt 20.3.2 zu benutzen, bei denen Direktmessungen zur Bestimmung der Emissionen in die Luft benutzt werden, wie VOC-Emissionen oder Partikel im Abgas, Volumenstrom usw.

19. Es ist BVT, die Lösemittelbestände regelmäßig zu berechnen (abhängig von der Menge der Emissionen), obgleich Schlüsselparameter dafür eingeführt werden können und als Ersatz für regelmäßige Kontrollen verwendet werden können (siehe Benchmarking, Abschnitte 20.1.1. (j), 20.1.2 und 20.3.1).

20. Gewisse Anlagen (z.B. Lüfter, Entlüftungen, Abgasbehandlungsanlagen usw.) haben einen großen Einfluss auf die Lösemittelbilanz. Um sicher zu stellen, dass die Emissionen nicht höher als mit den Schlüsselparametern abgeschätzt sind, ist es BVT, sicher zu stellen, dass diese Anlagen regelmäßig gewartet werden (siehe Abschnitte 20.2.6 und 20.11.1.2). Wo kritische Anlagenteile (wie Lüftermotoren, Antriebsscheiben oder die Abgasbehandlung) gewechselt werden, sollten entweder die Originalspezifikationen beibehalten werden (wie Sicherstellen, dass Motoren die exakt gleichen Spezifikationen erfüllen, Antriebsscheiben den gleichen Durchmesser haben usw.) oder es sollte eine Neukalibrierung durch Direktmessungen der Anlage erfolgen.

**WASSERMANAGEMENT**

21. Allgemein ist der Wasserverbrauch in dieser Branche gering, außer wenn wasserbasierte Techniken für Substrat- oder Werkstück verwendet werden (siehe Paragraph 3). Mehr Informationen, als auch BVT und zugehörige Verbrauchs- und Emissionswerte werden detailliert im BVT-Merkblatt STM diskutiert.

**VERMINDERN, WIEDERVERWENDUNG UND RECYCLING VON SPÜLWASSER UND ROHSTOFFEN**

22. Es ist BVT, Rohstoffe und Wasser in wasserbasierten Behandlungstechniken einzusparen , wie z.B. durch:

- Kaskaden- (mehrfach) Spülung, siehe Abschnitt 20.4.1.3
- Rückgewinnung von Rohstoffen und/oder Wasser durch Verwenden von Techniken wie:
  - Ionenaustausch, siehe Abschnitt 20.4.1.1

  - Membranfiltration oder Konzentrationstechniken, siehe Abschnitt 20.7.5.3
- Verwenden von Kontrollmaßnahmen, um den Verbrauch von Spülwasser zu minimieren (siehe Abschnitt 20.4.1.4).

**Wiederverwenden/Recycling von Kühlwasser**

23. Wo Wasser zur Kühlung von Anlagenteilen, Prozesslinien usw. verwendet wird, ist es BVT, den Wasserverbrauch durch Verwenden geschlossener Kühlkreisläufe und/oder Verwenden von Wärmetauschern zu mindern, siehe Abschnitt 20.4.1.2.

## ENERGIEMANAGEMENT

24. Es ist BVT, die Energieeffizienz zu maximieren und Energieverluste durch Anwendung der Maßnahmen des Abschnitts 20.5 zu minimieren.

BVT zur Planungen der Minderung des Energieverbrauchs, für das Sammeln und die Benutzung von energiespezifischen Daten und für Wartungstechniken sind in den BVT-Abschnitten 12, 13 und 14 angegeben.

BVT-Abschnitt 28 behandelt die Auswahl von Behandlungsanlagen, die den Energieverbrauch optimieren einschließlich den für Trocknung und Härten.

BVT 37 behandelt die Energieoptimierung bei Lösemittelemissionen in die Luft und die Abgasbehandlung.

Schlüsseltechniken zur Minderung des Energieverbrauchs sind:

- Wartung und Anpassung von Anlagen auf korrekte Einstellungen
- Minimieren des Luftvolumens, das bewegt wird, Erhöhung der gefassten Lösemittelmenge bei minimaler Luftansaugung usw.
- Minimieren der Verluste in Form von Blindstrom durch Korrektur des Phasenwinkels (cos φ) zwischen Spannung und Stromscheitel, um sicherzustellen, dass er permanent oberhalb 0,95 liegt
- Verhindern oder Steuern von hohem Momentanbedarf an Energie während der Anfahrphase (z.B. durch Umwandlung von der Stern- zur Deltaschaltung bei Schwachlast, Verwenden der automatischen Dreieck-Stern-Umformung, Verwenden von Softstartern usw.)
- Verwenden von Motoren mit passender Leistung und/oder Verwenden von Motoren mit variabler Geschwindigkeit
- Installieren von energieeffizienten Ausrüstungen, insbesondere Motoren. Solche Ausrüstungen können bei Neuanlagen, Erneuerungen oder beim Ersatz von defekten Anlagenteilen vorgegeben werden.

## ROHSTOFFMANAGEMENT (SIEHE ABSCHNITT 20.6)

**Steuerung der Umwelt- und toxikologischen Auswirkungen**

25. Es ist BVT, die Umweltauswirkungen zu minimieren, indem sichergestellt wird, dass die Rohstoffe möglichst geringe Umweltauswirkungen aufweisen. Das ist insbesondere beim Substituieren wichtig oder beim Wechsel von Prozessen oder des Lieferanten (siehe Abschnitte 20.6.2, 20.7, und 20.10).

**Minimieren des Rohstoffverbrauchs** (siehe Abschnitt 20.6.3)

26. Es ist BVT, den Rohstoffverbrauch durch eine oder mehrere der folgenden Techniken zu minimieren:

- Automatische Mischanlagen, siehe Abschnitt 20.6.3.1
- Programmierbare Waagen, siehe Abschnitt 20.6.3.1

- Computergesteuerte Farbmischanlage, siehe Abschnitt 20.6.3.1
- Wiederverwenden von zurückgeführten Druckfarben oder Lacken, siehe Abschnitt 20.6.3.2
- Wiederverwenden von zurückgewonnenen Druckfarben oder Lacken, siehe Abschnitt 20.6.3.3
- Direkte Zuleitung des Lacks oder der Druckfarbe aus dem Vorratstank, siehe Abschnitt 20.6.3.4
- Direkte Zuleitung der Lösemittel aus dem Vorratstank, siehe Abschnitt 20.6.3.5
- Chargenlackierung/Farbgruppenbildung, siehe Abschnitt 20.6.3.6
- Molchreinigungssysteme, siehe Abschnitt 20.6.3.7.

## LACKIERPROZESSE UND -ANLAGEN

### Wasserbasierte Vorbehandlungen

27. BVT für wasserbasierte Vorbehandlungen einschließlich

- Entfettung
- Badpflege
- Wasser- und Abfallminimierung
- Minderung von Abwasser

ist im BVT-Merkblatt STM beschrieben, siehe Paragraph 3 dieses Kapitels. Beispiele führen die Abschnitte 20.7.1.2 und 20.7.5 auf.

## TROCKNEN/HÄRTEN BEI ALLEN OBERFLÄCHENBEHANDLUNGEN

### Lackier-/Beschichtungsanlagen, Auftrag und Trocknungs-/Härtungstechniken

28. Bei der Auswahl einer/mehrerer Oberflächenbehandlungstechniken (einschließlich Trocknung/Härtung) für eine neue Anlage oder bei der Modernisierung einer bestehenden Anlage, ist es BVT, eine Anlage zu wählen, die:

  - Lösemittelemissionen und
  - Energieverbrauch minimiert,
  - Rohstoffeffizienz maximiert.

Allgemeine Techniken für das Beschichten/Lackieren sind in den Abschnitten 20.7.2 und 20.7.3 beschrieben. Weitere branchenspezifische Beschichtungs-/Lackier- und Drucktechniken sind in den branchenspezifischen Kapiteln aufgeführt.

Trocknung/Härten haben gewöhnlich die größten Anteile am Energieverbrauch. Allgemeine Optionen sind im Abschnitt 20.8 aufgeführt. Weitere branchenspezifische Beschichtungs-/Lackier- und Drucktechniken sind in den branchenspezifischen Kapiteln aufgeführt.

Die Wahl der Trocknungs-/Härtetechnik ist begrenzt durch Faktoren, wie die Art der Oberflächenbehandlung (z.B. werden spezifische Lacke oder Druckfarben benötigt, um mit UV- oder IR-Strahlung reagieren zu können) oder andere Faktoren wie:

- die in der Einführung zu diesem Kapitel genannten, insbesondere die in Paragraph 8,
- Art, Größe und Form des Substrates/Untergrundes
- Qualität und Art der geforderten Endbeschichtung (Finish), einschließlich seiner Dicke
- das Gesamtbehandlungssystem (d.h. vorhergehende und nachfolgende Schichten)
- die verwendeten Auftragstechniken
- ob End-of-Pipe-Abgasbehandlungstechniken angewendet werden.

Die Gesamt-VOC-Emissionswerte, die mit der Anwendung von BVT erreicht werden können, sind in den branchenspezifischen Abschnitten angegeben. Emissionswerte (oder Abscheideleistungen) für verschiedene Abgasbehandlungstechniken sind im Abschnitt 20.11 angegeben.

## REINIGUNG

**Reinigungsanlagen**

29. Es ist BVT, Rohstoffe einzusparen und Lösemittelemissionen durch Minimieren von Farbwechseln und Reinigungsprozessen, wie unter BVT 26 beschrieben (siehe Abschnitt 20.6.3), zu mindern.

**Reinigungstechniken**

30. Beim Reinigen von Spritzpistolen ist es BVT, die Freisetzung von Lösemitteln zu minimieren durch Sammlung, Lagerung und Rückgewinnung zur Wiederverwendung des Spüllösemittels, um es zur Reinigung der Lackierspritzpistolen und/oder –linien einzusetzen: 80 bis 90 % können wiederverwendet werden, siehe Abschnitt 20.9.3.

31. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch Verwenden von einer oder mehreren lösemittelfreien oder lösemittelarmen Reinigungstechnik(en) zu minimieren, die in Abschnitt 20.9 beschrieben sind (siehe Tabelle 21.1 unten):

| Reinigungstechnik | | Prozessanlage | | Substrate |
|---|---|---|---|---|
| **Abschnitt** | **Technik** | **Nicht-persistente Verunreinigung** | **Persistente Verunreinigung** | |
| 20.9.2 | Minimieren der Reinigung | ja | ja | ja |
| 20.9.3 | Vorbehandlung vor einer Lösemittel- oder anderen Art von Reinigung | ja | | |
| 20.9.4 | Konventionelle Reinigung mit Lösemittel | ja * | ja * | |
| 20.9.5 | Lösemittel mit geringerer Verdampfungsgeschwindigkeit | ja | | |
| 20.9.6 | Reinigung mit starken Lösemitteln | | ja | |
| 20.9.7 | Reinigung mit Lösemitteln mit geringem Ozonbildungspotential (OBP)** | ja | ja | |
| 20.9.8 | Wasserbasierte Reinigung | ja | ja | ja |
| 20.9.9 | Reinigung von Hand | ja | | ja |
| 20.9.10 | Waschmaschinen, die Lösemittel benutzen | ja | ja | |
| 20.9.11 | Reinigung mit Lösemittelrückgewinnung | ja | | |
| 20.9.12 | Reinigung mit Hochdruckwasserspritzen | | ja | |
| 20.9.13 | Ultraschallreinigung | | ja | ja |
| 20.9.14 | Trockeneisreinigung | | ja | ja |
| * Konventionelle Lösemittel sollten in Verbindung mit Techniken benutzt werden, die Emissionen minimieren, wie abgedichtete Waschmaschinen, die in eine Abgasbehandlungsanlage einleiten usw., wie in Abschnitt 20.9 beschrieben. Ausnahmen sind im Abschnitt 20.9.9 angegeben. | | | | |
| ** Siehe BVT 36 | | | | |

**Tabelle 21.1: Reinigungstechniken, die zur Verminderung von VOC-Emissionen verwendet werden**

## VERWENDEN VON WENIGER GEFÄHRLICHEN SUBSTANZEN (SUBSTITUTION)

Die Anwendbarkeit der folgenden BVT in jeder Branche werden in den spezifischen Branchenkapiteln 2 bis 19 und in den BVT-Abschnitten 21.2 bis 21.19 diskutiert.

32. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen durch Wahl von lösemittelfreien oder lösemittelarmen Techniken zu mindern, wie sie in den allgemeinen Abschnitten diskutiert werden für:

- die Reinigung (siehe BVT 29, 30 und 31, und Abschnitt 20.10.1)
- die spezifischen Branchen (Abschnitte 21.2 bis 21.19)
- Lackieren/Beschichtung (siehe Abschnitt 20.7)
- Druckverfahren (siehe Abschnitt 2.4).

33. Es ist BVT, schädliche physiologische Effekte durch Ersatz von Lösemitteln mit den folgenden R-Sätzen: R45, R46, R49, R60 und R61 durch weniger gefährliche Lösemittel zu reduzieren. Das erfolgt in Übereinstimmung mit Artikel 5(6) der EU-Richtlinie 1999/13/EC. Abschnitte 20.9 und 20.10 beschreiben alternative Lösemittel und Reinigungstechniken.

34. Es ist BVT, die ökotoxikologischen Auswirkungen von Substanzen durch Verwendung von weniger gefährlichen Substanzen anstelle von Substanzen mit den R-Sätzen R58 und R50/53 BAT (wo Alternativen existieren, siehe Abschnitt 20.10) zu mindern.

35. Es ist BVT, den stratosphärischen Ozonabbau durch Verwenden weniger gefährlicher Substanzen anstelle von Substanzen mit dem R-Satz R59 zu mindern. Insbesondere alle halogenierten oder teilhalogenierten Lösemittel mit dem R-Satz R59, die zur Reinigung verwendet werden, sollten ersetzt oder kontrolliert werden durch Verwenden der Optionen, wie sie in BVT-Abschnitten 31 und 32 beschrieben sind.

36. Es ist BVT, eine Minimierung der Bildung von troposphärischem/bodennahem Ozon anzustreben:

- durch Verwenden von VOCs oder –Mischungen mit geringerer Ozonbildungsreaktivität, wo andere Maßnahmen zur Minderung diffuser oder unbehandelter Lösemittelemissionen zum Erreichen von Emissionswerten, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, nicht möglich oder technisch nicht anwendbar sind, wie durch unvorteilhafte medienübergreifende Effekte (siehe Abschnitt 20.10.2)
- durch Sicherstellen, dass beim Auswechseln des Lösemittels durch die Substitution eine Minderung der Ozonbildungsreaktivität erreicht wird (siehe Abschnitt 20.10.2). Man beachte, das der Vergleich auf der Basis der OFP-Fracht, die in die Troposphäre entlassen wird, gemacht werden sollte (d.h. OFP x Gewicht des verdampften Lösemittels).

Der Ersatz von hochreaktiven aromatischen Lösemitteln durch Alternativen mit geringerer Reaktivität kann die Reaktivität der VOC-Emissionen um 20 - 40 % reduzieren.

Diese Technik kann aber nicht angewendet werden für:

- komplexe Rezepturen/Formulierungen, wie Automobillacke und Druckfarben
- den Ersatz von Lösemittelsystemen, wenn gegenwärtig keine andere Technologie existiert, z.B. beim Illustrationstiefdruck.

Wenn es sich erweißt, dass die Substitution das Gesamtozonbildungspotential nicht erhöht, kann die Substitution mit Lösemitteln mit einem Flammpunkt von >55 ºC erfolgen.

## EMISSIONEN IN DIE LUFT UND ABGASBEHANDLUNG

37. BVT für Lösemittel ist eine oder eine Kombination von den folgenden Maßnahmen:

- Minimieren der Emissionen an der Quelle (siehe branchenspezifische Abschnitte)
- Rückgewinnung von Lösemitteln aus den Abgasemissionen (siehe Abschnitte 20.11.5 und 20.11.6)
- Zerstörung von Lösemitteln im Abgas (siehe Abschnitte 20.11.4 und 20.11.8)
- Rückgewinnung der Wärme, die bei der Zerstörung von VOCs entsteht (siehe Abschnitte 20.11.4.3 bis 20.11.4.6)
- Minimieren der Energie, die zur Abscheidung und Zerstörung von VOCs verwendet wird (siehe Abschnitt 20.11.1).

Dies kann durch Auslegung, Betrieb und Wartung der Anlage erfüllt werden (siehe Abschnitte 20.1.2 und 20.2), um die Verbrauchs- und Emissionswerte mit einer Auswahl von BVT-zu erreichen, die für spezifische Branchen in den Abschnitten 20.1.2 und ab 20.2 angegeben sind. Eine Abgasbehandlung kann unnötig sein, wenn die Verminderung der Lösemittelemissionen

durch andere Maßnahmen erreicht werden kann, wie durch eine Substitution. So ein Ersatz durch lösemittelarme Materialien kann zu einem übermäßigen Energiebedarf für bestehende End-of-Pipe-Techniken, wie der thermischen Nachverbrennung, führen. Diese Techniken könnten außer Betrieb genommen werden, wenn negative medienübergreifende Effekte die Vorteile der Zerstörung von VOCs überwiegen.

Die Lösemittelrückgewinnung aus dem Abgas benötigt mehr Energie als die Verbrennung, sie ist nicht so effektiv beim Erfassen von Lösemitteln, und oftmals können die zurückgewonnenen Lösemittel nicht wiederverwendet werden, da sie entweder mit Wasser oder anderen Lösemitteln verunreinigt sein können. Bei Lösemittelmischungen enthält die zurückgewonnene Mischung oft nicht die gleichen Anteile der Bestandteile und daraus folgend andere Eigenschaften.

38. Wird eine Lösemittelrückgewinnung in Betracht gezogen, ist es BVT, sich zu bemühen, dass der größte Anteil des zurückgewonnen Materials wiederverwendet wird (es kann möglich sein, dass das nicht in allen Fällen vor Ort möglich ist). Die Wiederverwendung sollte nicht die Nutzung als Brennstoff einschließen, da es effektiver ist, eine autothermen Verbrennung zu nutzen, die gleichzeitig niedrigere Lösemittelemissionswerte erreicht. Es ist nicht BVT, die Lösemittelrückgewinnung in neuen oder bestehenden modernisierten Anlagen ohne die Wiederverwendung von Lösemitteln zu betreiben.

39. Es ist BVT, sich um Möglichkeiten zur Verwendung der Überschusswärme aus der thermischen Nachverbrennung zu bemühen. Das kann innerhalb oder außerhalb der Anlage geschehen und kann helfen, die erzeugte Energieart (z.B. Dampferzeugung) an die mögliche Verwendung anzupassen.
Bei der Wärmerückgewinnung aus der thermischen Nachverbrennung von Lösemittelemissionen trifft alles Folgende zu:

- es muss Überschussenergie zur Rückgewinnung anfallen
- es muss technisch möglich sein, diese Energie zurück zu gewinnen
- die Energie muss in einer nutzbaren Form zur Verfügung stehen (z.B. ausreichende Temperatur, nutzbar als Dampf usw.)
- es muss eine Nutzung der Energie zur selben Zeit möglich sein, zu der die Überschusswärme anfällt.

40. Es ist BVT, Energie bei der Extraktion und Behandlung der Abgase durch Volumenverringerung einzusparen. Das kann durch Maßnahmen erreicht werden, wie sie in Abschnitt 20.11.2 beschrieben sind. Einige Techniken können aber in der Anwendung begrenzt sein durch die Notwendigkeit, eine sichere Arbeitsatmosphäre in der Anlage aufrecht zu erhalten, durch die Menge an Restlösemittel, welche im lackierten Produkt verbleiben, den Geruch des Produktes und andere Qualitätsanforderungen.

41. Werden die Abgase abgesaugt, ist es BVT, die Lösmittelemissionen und den Energieverbrauch zu mindern durch die beste Ausnutzung von teuren Anlagen mittels Techniken, wie sie in den Abschnitten 20.11.1.3, 20.11.1.4, und 20.11.1.5 angegeben sind.

42. Wird eine Abgasbehandlung angewendet, ist es BVT, die Lösemittelkonzentration für die Behandlung und in der Anlage zur thermischen Nachverbrennung zu optimieren durch Umsetzung einer oder mehrerer Maßnahme(n) der folgenden Anstriche:

- Optimieren der Konzentration des Gasstroms durch Verwenden der Techniken wie sie in den Abschnitten 20.11.1.3, 20.11.1.4, und 20.11.1.5 beschrieben sind
- Minimieren der zu behandelnden Gasmenge, siehe Abschnitte 20.11.1 und 20.11.2 und Umgehen von Emissionsspitzen (siehe Abschnitt 20.11.1.3)
- Vorbehandlung des Abgases, um die Behandlungsanlage zu schützen und um die Lösemittelkonzentration zu optimieren, wie in Abschnitt 20.11.3 beschrieben. Ist die Auslassluft aber heiß, kann sie nicht mit Adsorption vorbehandelt werden, siehe z.B. BVT 82.

43. Treten Partikelemissionen im Zusammenhang mit der Spritzlackierung auf, ist es BVT, die Emissionen durch Anwendung von einem der folgenden Punkte oder beiden zu reduzieren:

- durch integrierte Prozesstechniken, wie in den Abschnitten 20.7.4.1, 20.7.4.2 und 20.7.4.3 beschrieben
- durch End-of-Pipe-Techniken, wie in den Abschnitten 20.11.3.5, 20.11.3.6, 20.11.3.7 und 20.11.3.8 beschrieben.

Die folgenden Werte können erreicht werden:

- 5 mg/m$^3$ oder weniger bei bestehenden Anlagen (z.B. bei Lackierungen in der Automobilindustrie unter Verwendung von gewöhnlichen Querwäschern in Verbindung mit Venturi-Partikelabscheidern)
- 3 mg/m$^3$ oder weniger bei Neuanlagen (z.B. bei Lackierungen in der Automobilindustrie unter Verwendung von neuen Wäschern in Verbindung mit Venturi-Partikelabscheidern).

**Split view (geteilte Auffassung)**
Vertreter der Holz- und Möbelbeschichtungsindustrie haben eine geteilte/andere Auffassung zu diesen Werten. Bezugnehmend auf die Informationen in den Abschnitten 17.4.7.1 und 17.4.7.4 betragen die Emissionswerte, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, 10 mg/m$^3$ oder weniger für alle Anlagen.

Diese Werte basieren auf der Auffassung, was in dieser Branche ökonomisch und technisch machbar ist.

**ABWASSERBEHANDLUNG**

44. Es ist BVT, die Emissionen in das Wasser zu minimieren (in dieser Reihenfolge) durch:

- Minimieren der Emissionen in das Wasser durch Anwendung von Techniken auf die in den BVT-Abschnitte 21, 22 und 23 hingewiesen wird
- Anwenden einer Abwasserbehandlung unter Verwendung von Vorbehandlungstechniken, wie sie in den Abschnitten 20.12.1 bis 20.12.4 beschrieben sind
- Anwenden einer biologischen Behandlung (siehe Abschnitt 20.12.5), im Allgemeinen in einer separaten kommunalen Abwasserbehandlungsanlage.

Techniken zur biologischen Abwasserbehandlung können im BVT-Merkblatt CWW gefunden werden. Andere Techniken und damit verbundene Emissionswerte werden im BVT-Merkblatt STM diskutiert.

Für bestimmte Anlagen sollten Konzentrationswerte in Verbindung mit den aus der Anlage emittierten Frachten, den technischen Spezifikationen der Anlage, z.B. Durchsatz, als auch anderen BVT, insbesondere Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs (siehe BVT-Merkblatt STM), berücksichtigt werden.

45. Können Lösemittel in Kontakt mit Wasser kommen, ist es BVT, zu verhindern, dass in der Atmosphäre des aufnehmenden Abwasserkanals/-schachts (z.B. explosiv oder potentiell gefährlich für Arbeiter) eine gefährliche Konzentration an Lösemitteln erreicht. Das geschieht durch das Verhindern ungeplanter Austräge (siehe Abschnitt 20.2.1) oder durch Sicherstellen eines ungefährlichen Einleitungswertes. Ein geeigneter Wert kann berechnet werden, siehe Abschnitt 20.3.3.1.

46. Ist die BSB- oder CSB-Fracht für die nachfolgende Behandlung von Bedeutung, ist es BVT, die Menge an organischen Chemikalien, die schwierig in einer Abwasserbehandlungsanlage zu behandeln sind, durch Überwachung des Verhältnisses von CSB zu BSB im Abwasser zu steuern, siehe Abschnitt 20.3.3.2.

47. Es ist BVT, die Rohstoffe und Abwässer zu überwachen, um die Emissionen an toxischen Stoffen in die aquatische Umwelt zu minimieren (siehe Abschnitt 20.3.3.3). Wo solche Stoffe in Mengen gefunden werden, die eine Auswirkung auf die Umwelt haben können, können die Mengen der freigesetzten Stoffe durch eine oder mehrere der folgenden Techniken reduziert werden:

- Verwenden von weniger gefährlichen Stoffen (siehe Abschnitt 20.10)
- Reduzierung des verwendeten Stoffes und von Verlusten in der Produktion (siehe BVT-Abschnitt 19 und 20)
- Behandlung des Abwassers (siehe Abschnitt 20.12 oder BVT-Merkblattes CWW und BVT-Merkblatt STM, falls die Tätigkeiten im Zusammenhang mit Tätigkeiten, wie sie in diesem BVT-Merkblatt beschrieben sind, stehen).

Werden solche Stoffe abgeleitet, ist es BVT, die Ableitung in einer Weise und Häufigkeit zu überwachen, die geeignet sind, das Risiko der Verletzung von Genehmigungsbedingungen zu minimieren (siehe Merkblatt zum Monitoring).

**Lackieranlagen**

48. In Lackieranlagen, in deren Prozess Wasser verwendet wird, kann eine Behandlung vor dem Ablassen erforderlich sein. Es ist BVT, eine oder eine Kombination der Techniken, wie sie in den Abschnitten 20.7.5 und 20.12 beschrieben sind, zur Prozesswasservorbehandlung zu verwenden. Für direkte Ablässe in Oberflächengewässer können die folgenden Bereiche eingehalten werden:

- CSB 100 - 500 mg/l
- gelöste Feststoffe 5 - 30 mg/l.

49. Für Nasswäscher zur Erfassung von Lackoverspray ist es BVT, den Wasserverbrauch, die Wasserbehandlung und die Einleitung zu vermindern durch die Reduzierung der Frequenz der Behälter-/Tankentleerung durch die folgenden Maßnahmen:

- Optimieren der Auftragswirkungsgrades (siehe Abschnitt 20.7.3)
- Minimieren der Ansammlung von Lackschlamm (siehe Abschnitte 20.7.5.6, 20.7.5.7 und 20.7.5.8).

## MATERIALRÜCKGEWINNUNG UND ABFALLMANAGEMENT

50. Es ist BVT, den Materialverbrauch, wie im BVT-Abschnitt 26 beschrieben, zu reduzieren. Es ist ebenfalls BVT, Materialverluste zu verhindern und Material zurückzugewinnen, wiederzuverwenden und zu recyceln. Von diesen Optionen haben die Vermeidung und Reduzierung des Materialverlustes die Priorität. Das kann erreicht werden durch die Anwendung einer Reihe von Techniken, wie sie in den Abschnitten 20.1.2, 20.3.1, 20.6, 20.7 (insbesondere in den Abschnitten 20.7.3 und 20.7.5) beschrieben sind. Die BVT-Abschnitte 14, 17, 18 und 25 sind ebenfalls von Bedeutung.

**Rückgewinnung von gebrauchten Lösemitteln**

51. Es ist BVT, Lösemittel zurückzugewinnen und wiederzuverwenden, entweder anlagenintern oder mit Hilfe externer Auftragnehmer wie in den Abschnitten 20.13.1, 20.13.2 und 20.13.5 beschrieben, siehe BVT-Abschnitte 38 and 39 oben.

52. Es ist BVT, entweder die Anzahl der Einwegcontainer durch Benutzen von Mehrwegcontainern zu reduzieren, Container für andere Zwecke wiederzuverwenden oder das Containermaterial zu recyceln, siehe Abschnitt 20.13.6.

53. Werden Aktivkohle- oder Zeolithadsorptionsanlagen verwendet, ist es BVT, das Lösemittel und das Adsorptionsmedium wiederzuverwenden, wie in Abschnitt 20.13.7 beschrieben.

54. Wendet man die BVT-Abschnitte 50 bis 53 an und kann der Abfall nicht innerhalb oder außerhalb der Anlage zurückgewonnen werden, ist es BVT, die gefährlichen Inhaltsstoffe zu minimieren und als Abfall unter Verwendung einer Auswahl von Techniken aus den Abschnitten 20.10, 20.13, und 20.13.8 zu behandeln.

**STAUBABSCHEIDUNG**

55. Siehe BVT-Abschnitt 43.

**GERUCHSBEHANDLUNG**

56. Wo Geruchsemissionen an sensiblen Orten eine Geruchsbelästigung verursachen (gewöhnlich wegen VOC-Emissionen), ist es BVT, den Geruch durch Verwendung von Techniken zur Minderung von VOC-Emissionen zu reduzieren, wie z.B.:

- Änderung der Art des Prozesses (siehe z.B. Abschnitte 4 in den Kapiteln 2 bis 19 und Abschnitte 20.7 und 20.10)
- Wechsel des verwendeten Materials (siehe z.B. Abschnitte 20.7 und 20.10)
- Verwenden einer Abgasbehandlung (siehe Abschnitt 20.11)
- Installation von hohen Schornsteinen für Abgasemissionen.

**LÄRM**

57. Es ist BVT, starke Lärmquellen und mögliche sensible Rezeptoren[26] in der Umgebung der Anlage zu identifizieren (siehe Abschnitt 20.16).

58. Hat der Lärm Auswirkungen, ist es BVT, den Lärm durch angemessene Minderungsmaßnahmen zu reduzieren (siehe Abschnitt 20.16), wie z.B.:

- Wirksamer Betrieb der Anlage, z.B.:
  - Schließen von Türen/Toren der Lieferbereiche
  - Minimieren von Lieferungen und Anpassung der Lieferzeiten
- Verwenden von technischen Maßnahmen, wie Installation von Dämpfern in großen Lüftern, Verwenden von Lärmeinhausungen, Verhindern der Installation von Anlagenteilen/ Ausrüstungen, die laut sind oder einen bestimmten Tonwert aufweisen usw.

**GRUNDWASSER- UND BODENSCHUTZ UND ANLAGENRÜCKBAU**

59. Es ist BVT, Emissionen in das Grundwasser und den Boden zu verhindern und dadurch den Anlagenrückbau durch Anwenden der Techniken, wie sie in den BVT-Abschnitten 15 und 16 beschrieben sind, zu unterstützen.

## 21.2 Beste verfügbare Techniken für das Drucken

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

BVT-Schlussfolgerungen werden für die drei Druckprozesse gezogen, die wahrscheinlich oberhalb des Schwellenwertes, der in Anhang 1, Punkt 6.7 der IVU-Richtlinie angegeben ist, betrieben werden:

- Heatset-Offsetdruck, siehe Abschnitt 21.2.1
- Flexo- und Verpackungstiefdruck (einschließlich der damit verbundenen Lackierung und Laminierung) siehe Abschnitt 21.2.2
- Illustrationstiefdruck, siehe Abschnitt 21.2.3.

Andere Druckprozesse können in der gleichen Anlage als Nebentätigkeiten vorkommen und gelegentlich oberhalb des Schwellenwertes betrieben werden. Für solche Tätigkeiten, für die spezifische BVT nicht beschrieben werden, finden die allgemeinen BVT, die in Abschnitt 21.1 beschrieben sind, Anwendung.

[26] Anmerk. Der Übersetzerin. Im Sinne von Bevölkerung, Wohnbebauung, andere Betriebe etc., Rezeptor - Empfänger

### 21.2.1 Beste verfügbare Techniken für das Heatset-Rollenoffsetdrucken

**Reduzierung der Lösemittelemissionen**
Die VOC-Emissionen aus dem Heatsetdrucken bestehen aus IPA, das aus dem Feuchtmittel (siehe BVT 61) freigesetzt wird, aus den Reinigungsmitteln (siehe BAT 62) und den Emissionen aus den Trocknern, die über den Kamin gehen (siehe BVT 63).

60. Es ist BVT, die Summe der diffusen Emissionen und der restlichen VOCs nach der Abgasbehandlung (siehe Tabelle 2.9 und Abschnitt 2.3.2.1) durch Verwenden einer Kombination von Techniken der BVT-Abschnitte 61, 62 und 63 zu mindern als auch durch die allgemeinen BVT, die im Abschnitt 21.1 beschrieben sind. Mit diesen Techniken verbundene Emissionswerte sind (siehe Abschnitt 2.3.2.1):

- für neue oder modernisierte Anlagen 2.5 bis 10 % VOC in Gew.-% des Druckfarbenverbrauchs
- für bestehende Anlagen 5 bis 15 % VOC in Gew.-% des Druckfarbenverbrauchs.

Die Verwendung von ‚Gew.-% des Druckfarbenverbrauchs' ermöglicht die Bewertung der ergriffenen Maßnahmen, verwendet man dagegen '%-des-Lösemitteleinsatzes', ist das nicht möglich (siehe Abschnitt 2.3.2.3.1), weil verschiedene Techniken, die man verwendet, eine Minderung des Lösemitteleinsatzes bereits beinhalten.

**IPA im Feuchtmittel**
61. Es ist BVT, die IPA-Emissionen beim Drucken zu reduzieren durch Verwenden von niedrigen IPA-Konzentrationen im Feuchtmittel durch Anwendung aller oder einer Kombination der folgenden Techniken, die in Tabelle 21.2 aufgeführt sind:

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Ersatz von IPA im Feuchtmittel | 2.4.1.3.1 | überall |
| Optimieren der IPA-Konzentration im Feuchtmittel | 2.4.1.3.2 | Alle, die IPA verwenden |
| Keramik-, Metall- und hydrophile Verteil- und Plattenwalzen | 2.4.1.3.3 | Nachrüstung möglich, allgemein mit hydrophilen Walzen/Rollen |
| exakte Justierung der Druckfarbenwalzen | 2.4.1.3.4 | Nachrüstung nicht möglich |
| Kühlen des Feuchtmittels | 2.4.1.3.6 | überall |
| Kühlen der Befeuchtungswalzen und Plattenzylinder | 2.4.1.3.7 | Nachrüstung nicht möglich |
| Entfernen der IPA-Lösung aus der Befeuchtungseinheit über Nacht | 2.4.1.3.8 | überall |
| Filter des Feuchtmittels | 2.4.1.4 | erforderlich, wenn mit niedrigen IPA-Konzentrationen gearbeitet wird |
| Kontrolle der Härte des Wassers für das Feuchtmittel | 2.4.1.5 | Nachrüstung möglich |

**Tabelle 21.2: Heatsetdrucktechniken zur Reduzierung des IPA-Verbrauchs des Feuchtmittels**

Man sollte beachten, dass IPA-Emissionen, die in der oberen Hälfte des Wertebereiches liegen, wie er in BVT 60 angegeben ist, auf 'schwierigen' Arbeiten beruhen. Die Definition von 'schwierig' ist subjektiv und hängt von den unten aufgeführten Faktoren ab. Es ist deshalb BVT, Versuche zur Bestimmung des niedrigst möglichen IPA-Verbrauchs für die Pressen und der niedrigst möglichen Flüchtigkeit der Reinigungsmittel (siehe Reinigung BVT 62 unten) durchzuführen. Die obere Hälfte des Emissionswertebereiches kann nur als mit BVT verbunden angesehen werden, wenn diese Optimierungen nachgewiesen wurden (siehe Abschnitt 2.3.2.1).

‘Schwierige’ Arbeiten beinhalten z.B. einen oder mehrere der folgenden Faktoren:

- Wechsel der Papieroberfläche, die zahlreiche Wechsel von Feineinstellungen an den Pressen erfordern
- Arbeiten mit hoher Druckfarbenabdeckung, bei denen IPA das Auftreten von weißen Flecken verhindert
- neue breite Schnellpressen.

Geringes Ausbildungsniveau, wenig Unterrichtung und geringe Erfahrung des Bedieners tragen auch zu höheren Emissionen bei. BVT-Abschnitt 17 spricht die Ausbildungsnotwendigkeit an.

Der wasserlose Offsetdruck hat keine VOC-Emissionen aus dem Feuchtmittel und kann möglicherweise beim Bogendruck verwendet werden (siehe Abschnitt 2.4.1.8). Allgemein ist die maximale mögliche Druckmenge zu berücksichtigen, sie ist geringer, als für Heatsetarbeiten erforderlich, deshalb wird er gegenwärtig wenig in diesem Prozess verwendet, auch wenn sich das in Zukunft ändern könnte.

**Reinigung**

62. Es ist BVT, andere diffuse VOC-Emissionen durch die folgenden Techniken in Tabelle 21.3 zu mindern:

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Ersatz und Überwachung der VOCs, die bei der Reinigung verwendet werden | 2.4.1.8.1 | alle |
| Hochdruckwasserreinigung für Befeuchtungswalzen | 2.4.1.8.2 | nur bei Molton-Walzen |
| Automatische Reinigungsanlagen für Druck- und Tuchzylinder | 2.4.1.8.3 | alle , Nachrüstungskosten sind aber hoch |

**Tabelle 21.3: Heatsettechniken zur Reduzierung der diffusen Emissionen aus der Reinigung**

**Abgaserfassung und -behandlung**

63. Beides ist BVT für Abgase und diffuse Emissionen:

- Reduzieren der VOC-Emissionen durch Anwendung einer Absaugung und thermischen, katalytischen, rekuperativen oder regenerativen Nachverbrennung der Abluft aus den Trocknern unter Verwendung einer Kombination von Techniken, wie sie in Abschnitt 20.11 beschrieben sind
- Reduzieren der VOC-Emissionen durch Anwendung von Wartungstechniken aus dem Abschnitt 20.11.1.2.

64. Die Anwendung von Techniken zur Aufkonzentration des Abgases ist nicht BVT, da dies zu Geruchsproblemen im Endprodukt führen kann, siehe Abschnitt 2.3.2.3.1.

65. Da die ventilierten Abluftströme, die aus der Entlüftung des Drucksaales und den Presseneinhausungen kommen, hoch und ihre VOC-Konzentrationen sehr gering sind, ist es nicht BVT, die abgesaugte Abluft aus dem Drucksaal und den Presseneinhausungen zu behandeln. Man erreicht einen größeren Kosten-Nutzen durch Anwendung der BVT-Abschnitte 60 bis 63.

66. Pressen sind normalerweise eingehaust, das geschieht aber aus Gesundheits- und Arbeitsschutzgründen und unterstützt normalerweise nicht die Minderung der VOC-Emissionen.

### 21.2.2 Beste verfügbare Techniken für den Flexo- und Verpackungstiefdruck (Bedrucken flexibler Verpackungen)

**Reduzierung der Lösemittelemissionen**

67. Es ist BVT, die Summe der diffusen VOC-Emissionen und der restlichen, nach der Abgasbehandlung übrigbleibenden VOCs mit einer Kombination von Techniken, wie sie in der Tabelle 21.4 und von allgemeinen BVT, wie sie im Abschnitt 21.1 beschrieben sind, zu behandeln. Die VOC-Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden können (siehe Abschnitt 2.3.3.3.1), sind für drei Szenarien, wie sie in der Industrie auftreten können, angegeben (die Referenzwerte sind wie in der EU-Lösemittelrichtlinie abgeleitet, siehe Anhang 24.2):

**Szenarium 1:** Anlagen, in denen alle Produktionsmaschinen lösemittelbasierte Druckfarben, Lacke und Klebstoffe verwenden, sind mit einer Abgasbehandlungsanlage verbunden und andere Produktionsmaschinen arbeiten (fast) lösemittelfrei, z.B. lösemittelfreie Klebstoffe, Druckfarben auf Wasserbasis usw.

- mit Nachverbrennung, Gesamtemissionen 7.5 - 12.5 % der Referenzemissionen
- mit Lösemittelrückgewinnung, Gesamtemissionen 10.0 - 15.0 % der Referenzemissionen.

**Szenarium 2:** in bestehenden Anlagen, die eine Abgasbehandlungsanlage haben, aber nicht alle lösemittelverwendenden Produktionsmaschinen sind mit ihr aus technischen oder ökonomischen Gründen verbunden. Diese werden einen Minderungsplan verwenden (siehe Anhang 24.2) mit einer Kombination aus:

- einer Behandlungsanlage für einige Druckmaschinen
- Prozesse mit geringen diffusen Emissionen bei Druckmaschinen mit lösemittelbasierten Prozessen, die mit der Behandlungsanlage verbunden sind
- Substitution.

**Szenarium 2.1:** die Summe der Emissionen aus den Druckmaschinen, die mit der Behandlungsanlage verbunden sind, ist:

- mit Nachverbrennung, 7.5 - 12.5 % der Referenzemissionen bezüglich dieser Maschinen
- mit Lösemittelrückgewinnung, 10.0 - 15.0 % der Referenzemissionen bezüglich dieser Maschinen.

**Szenarium 2.2:** für Druckmaschinen, die nicht mit der Abgasbehandlungsanlage verbunden sind, ist es BVT, eine der folgenden Techniken zu benutzen:

- Verwenden von lösemittelfreien Produkten oder von solchen mit geringem Lösemittelanteil auf diesen Maschinen
- Anbindung an die Abgasbehandlungsanlage bei freien Kapazitäten der Anlage (z.B. wenn permanent verbundene Maschinen abgeschaltet sind)
- vorzugsweise Ausführung von stark lösemittelhaltigen Arbeiten auf Maschinen, die mit der Abgasbehandlungsanlage verbunden sind.

**Szenarium 3:** haben Anlagen keine Abgasbehandlungsanlage und eine Substitution wird durchgeführt (siehe Anhang 24.2), ist es BVT, die Entwicklung von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Druckfarben, Lacken und Klebstoffen zu verfolgen und kontinuierlich die Menge an verbrauchten Lösemitteln zu verringern, siehe BVT-Abschnitte 13 und 14.

Haben die Einsatzstoffe in Anlagen im Szenarium 1 oder Szenarium 2.1 ein Feststoff : Lösemittel-Verhältnis größer 1 : 5,5 bezogen auf die Gesamtheit der lösemittelbasierten Druckfarben, Lacke und Klebstoffe, werden die Emissionswerte möglicherweise nicht erreicht werden können. In diesen Fällen, in denen das Feststoff : Lösemittel-Verhältnis nicht reduziert werden kann, ist es BVT, die Farbnäpfchen abzudecken oder ein Kammerrakel anzuwenden und andere Techniken anzuwenden als die, die in Tabelle 21.4 aufgeführt werden.

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Substitution durch Verwenden wasserbasierter Druckfarben, UV-Härtung oder Elektronenstrahlhärten | 2.4.2.2 | Nicht anwendbar bei Anlagen, die Abgase behandeln |
| Substitution durch Verwenden wasserbasierter High-Solids, UV-härtender oder lösemittelfreier Klebstoffe und Lacke oder Koextrusion | 2.4.2.4 | Nicht anwendbar bei Anlagen, die Abgase behandeln |
| Absaugen und Behandeln der Abluft aus den Trocknern | 2.4.2.5 | Wo geringe oder keine Substitution stattfindet. Nicht anwendbar bei einigen bestehenden Anlagen mit hohen Volumenströmen und geringer VOC-Konzentration |
| Absaugung aus den Pressen oder aus anderen Produktionsbereichen: Abdecken von Farbnäpfen oder Verwenden von Kammerrakeln | Tabelle 2.33 und 2.4.2.5.2 | Bei allen Anlagen |
| Aufkonzentration der Lösemittel im Abgasstrom | 20.11.3.1 | Wo Abgas behandelt wird |
| Absaugen und Behandeln der Abluft aus automatischen Reinigungsmaschinen | 2.4.2.5.1 20.9.10 | Wo Abgas behandelt wird |
| Optimieren der Verbrennung | 2.4.2.5.3 | Wo Abgas behandelt wird |
| Optimieren der Konzentration in der Verbrennung durch variable Lüftergeschwindigkeit | 20.11.1.5 | Wo Abgas behandelt wird |
| Automatische und zeitweise Schließung von Bypassanlagen | 2.4.2.5.5 | Wo Abgas behandelt wird |
| Substitution durch VOC-freie Reiniger oder durch solche mit geringem VOC-Gehalt | 2.4.2.6.1 20.9 | Bei allen Anlagen |
| Reinigen der Zylinder innerhalb der Presse | 20.9.10 | Neue Pressen |
| Hochdruckwasserreinigung | 20.9.12 | Begrenzt auf Grundreinigung und Aniloxwalzen |
| Andere Reinigungstechniken ohne Lösemittel | 20.9, 20.10 | Bei allen Anlagen |

**Tabelle 21.4: Flexo- und Verpackungstiefdrucktechniken zur Minderung der VOC-Emissionen**

**Abgaserfassung und -behandlung**

68. BVT für Abgase und andere diffuse Emissionen ist:

- Reduzieren der VOC-Emissionen durch Anwendung einer Absaugung und Behandlung der Abluft aus den Trocknern unter Verwendung einer Kombination aus Techniken, wie sie in Abschnitt 20.11 beschrieben sind
- Anwenden einer Auswahl von Techniken aus Abschnitt 20.11.1.1 zur Minderung des Energieverbrauchs und zur Optimierung der Abgasbehandlung
- Minderung der VOC-Emissionen durch Anwendung von Wartungstechniken aus dem Abschnitt 20.11.1.2.

69. Erfolgt eine thermische Abgasbehandlung, ist es BVT, nach Möglichkeiten der Rückgewinnung und Nutzung von Überschussenergie zu suchen, siehe Abschnitt 20.11.4.4.

### 21.2.3 Beste verfügbare Techniken für den Illustrationstiefdruck

**Minderung der Lösemittelemissionen**

70. Es ist BVT, die Summe der diffusen Emissionen und der restlichen VOCs nach der Abgasbehandlung zu reduzieren:

- für Neuanlagen auf 4 bis 5 %, unter Verwendung der Techniken 1, 2, 3, 6, 10 und 11 in Verbindung mit 8, oder 8 und 9 in Tabelle 21.5
- für bestehende Anlagen auf 5 bis 7 %, unter Verwendung der Techniken 1, 2, 10, 11 und einer aus 4, 5, 6, oder 7 in Tabelle 21.5, angegeben als prozentualer Anteil am Gesamtlösemitteleinsatz (Toluol), wie in den Abschnitten 2.3.4.1 und 2.3.4.3.1 beschrieben. Diese Wertebereiche schließen auch die Verwendung einer Kombination aus Energieverbrauch (BVT 71) als auch allgemeine BVT aus Abschnitt 21.1 ein.

| | Techniken | Querverweise | Anwendbarkeit |
|---|---|---|---|
| 1 | Abgasbehandlung durch Adsorption und Rückgewinnung von Toluol | 20.11.6.1 | alle |
| 2 | Verwenden von Retentionsfarben | 2.4.3.2.2 | alle |
| 3 | Erhöhen der Trockenzeit | 2.4.3.3.2 | nur neue |
| 4 | kontinuierliche Abluftabsaugung aus den Trocknern | 2.4.3.3.4 | in bestehenden mit Abgasbehandlungsanlage, wenn die Kapazität ausreichend ist |
| 5 | Abluft aus eingehausten Pressen wird diskontinuierlich zur Abgasbehandlungsanlage geleitet | 2.4.3.3.5 | bestehende |
| 6 | Abluft aus eingehausten Pressen wird zur Abgasbehandlungsanlage geleitet, wenn mit Lösemitteln in der Presse gearbeitet wird und ein Luftstrom zum Drucksaal besteht | 2.4.3.3.6 | neue Anlagen, Nachrüstung nicht möglich |
| 7 | diskontinuierliche Abluftabsaugung aus den Pressen, Trocknern und dem Drucksaal | 2.4.3.3.7 | bestehende |
| 8 | Abluftabsaugung aus den Pressen, Trocknern und dem Drucksaal wenn Lösemittel im Pressenbereich verarbeitet werden und ein Luftstrom zum Drucksaal besteht | 2.4.3.3.8 | neue |
| 9 | geschlossener Luftkreislauf | 2.4.3.3.9 | neue, wenn Kosten-Nutzen-Verhältnis ausreichend ist |
| 10 | Luftrakel auf der Druckbahn | 2.4.3.3.10 | neue |
| 11 | Zylinderreinigung innerhalb der Presse | 2.4.3.4.1 | neue |

**Tabelle 21.5: Illustrationstiefdrucktechniken zur Minderung von VOC-Emissionen**

Die Verwendung von wasserbasierten Druckfarben wird gegenwärtig nicht empfohlen oder ist oftmals festgelegt, da sie zu erheblichen Schwierigkeiten beim Recycling der Druckprodukte führen.

71. Es ist BVT, durch Verwenden der optimalen Anzahl an erforderlichen Regenerationen zur Einhaltung der Emissionen innerhalb des Emissionswertebereiches, wie er in BVT 70 angegeben ist, zu verhindern, dass eine übermäßige Menge an Energie verwendet wird, siehe Abschnitt 20.11.6.1.

**Abwasser aus der Toluolrückgewinnung**

72. Kondensierter Dampf aus der Toluolrückgewinnung wird normalerweise in die kommunale Kläranlage eingeleitet. Es ist BVT, die Emissionen an Toluol im öffentlichen Abwasserkanal durch Strippen auf 10 mg/l oder weniger zu reduzieren, siehe Abschnitt 2.3.4.3.3. Der Einleitwert sollte auf einem so geringen Niveau gehalten werden, dass eine gefährliche Atmosphäre im Kanal nicht auftreten kann (siehe Abschnitt 20.3.3.1) und um die Auswirkungen auf den Wasserkreislauf gering zu halten.

## 21.3 Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Wickeldrähten

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Energieverbrauch**
73. Es ist BVT, den Energieverbrauch nach der Trocknung der Drähte durch Kühlen der Drähte mit Raum- und/oder Außenluft zu minimieren (siehe Abschnitt 3.4.2.1).

**Minderung der Lösemittelemissionen**
74. Es ist BVT, die Gesamt-VOC-Emissionen durch eine oder mehrere der folgenden Techniken als auch durch die allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 zu minimieren:

- Verwenden von Material und/oder Prozessen mit geringem Lösemittelgehalt (für Prozesse, siehe Abschnitte 3.4.4, 3.4.5, sowie weitere in Abschnitt 20.10)
- Verwenden einer geeigneten Kombination an Abgasbehandlungstechniken, wie sie in Abschnitt 3.4.6 beschrieben sind (siehe auch Abschnitt 20.11).

Die VOC-Gesamtemissionswerte (einschließlich der diffusen Emissionen) bei Anwendung dieser Techniken (siehe Abschnitt 3.3.3.1) sind:

- für normale Drähte (non-fine) (>0.1 mm Durchmesser) 5 g/kg oder weniger (g VOC/kg Produkt)
- für Feindrähte (0.01 - 0.1 mm Durchmesser) 10 g/kg oder weniger.

**Lösemittelemissionen aus den Gleitmittelüberzügen**
75. Es ist BVT, den Fortschritt der Entwicklungen zur Minderung der Emissionen aus den Gleitmittelüberzügen zu verfolgen (wie lösemittefreie oder lösemittelarme Techniken, siehe Abschnitt 3.4.5.6) und sich zu bemühen, VOC-Emissionen weiter zu reduzieren.

## 21.4 Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Schleifmitteln

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Minderung der Lösemittelemissionen**
76. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch eine oder mehrere der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie in Abschnitt 21.1 beschrieben, zu reduzieren:

- Verwenden von lösemittelarmen oder lösemittelfreien Bindemittel. Das kann während des Prozesses geschehen, wenn die Wasserkühlung nicht erforderlich ist, z.B. bei der Herstellung von Trockenschleifmitteln (siehe Abschnitte 4.4.2.1 und 20.8)
- Erhöhen der internen Lösemittelkonzentration in den Trocknern (siehe Abschnitte 4.4.4.1 und 20.11.3.1)
- Verwenden einer geeigneten Kombination von Abgasbehandlungstechniken, wie in Abschnitt 20.11 beschrieben (siehe auch Abschnitt 4.4).

Die VOC-Gesamtemissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden können, betragen 9 - 14 Gew.- % des Lösemitteleinsatzes.

## 21.5 Beste verfügbare Techniken für die Herstellung von Klebebändern

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Minderung der Lösemittelemissionen**

77. Für die Herstellung von Klebebändern unter Verwendung von lösemittelbasierten Klebstoffen ist es BVT, die VOC-Emissionen durch Anwendung einer Kombination der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie in Abschnitt 21.1 beschrieben zu reduzieren:

- Verwenden von lösemittelfreien Klebstoffen bei der Herstellung von Verpackungs- und Abdeckklebebändern mit geringeren Qualitätsanforderungen als auch bei doppelseitigen Klebebändern (siehe Abschnitt 5.4.2 and 20.10)
- Verwenden einer der folgenden Abgasbehandlungstechniken oder einer Kombination von: a+b, a+c, b, oder c, wobei:
  a) die Kondensation (siehe Abschnitte 5.4.5.1 und 20.11.5.3) nach dem Vortrocknungsschritt einen Inertgastrockner verwendet (siehe Abschnitte 5.4.4.1 und 20.8.1.2)
  b) die Adsorption (siehe Abschnitte 5.4.5.2, 20.11.6.1 und 20.13.7.1) mit einer Rückgewinnungsrate von mehr als 90 % des Lösemitteleinsatzes arbeitet und die direkten Emissionen nach diesem Behandlungsverfahren weniger als 1 % betragen
  c) die Nachverbrennung eine Energierückgewinnung hat (siehe Abschnitt 20.11.4)

Die VOC-Gesamtemissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden, betragen 5 Gew. - % oder weniger der Lösemitteleinsatzmenge (siehe Abschnitt 5.3.1).

Werden in der Produktion wasserbasierte und Hotmelt-Klebstoffe verwendet (siehe Abschnitt 5.4.2), werden nur sehr geringe Mengen an Lösemittel benutzt, wie beim Reinigen, und es treten praktisch keine Emissionen auf. Sie können aber nur für spezielle Arten von Bändern und Anwendungen verwendet werden.

## 21.6 Beste verfügbare Techniken in der Automobilserienlackierung

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

78. Der Lackierprozess bei der Autoherstellung ist sehr komplex und vollständig integriert, siehe Abschnitt 6.4.1. Die Wahl des Lacks und Auftragsverfahrens haben große Auswirkungen auf die Wahl des Trockners und der Abgasbehandlung. Da einige Techniken nicht kompatibel miteinander sind, kann BVT nicht für jeden individuellen Prozesschritt bestimmt werden.

**Energieverbrauch**

79. Abschnitt 6.3.2.3 zeigt, dass 38 bis 52 % des Gesamtenergieverbrauches eines typischen Fahrzeuglackier- und Montagebetriebes in der Lackierung verwendet werden. Deshalb ist es BVT, den Energieverbrauch durch die Wahl und den Betrieb der Lackierung, Trocknung/Härtung und der verbundenen Abgasbehandlungsanlage, wie in den Abschnitten BVT 78 und 80 diskutiert, zu minimieren.

**Kombinierte BVT**

80. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen als auch den Energie- und Rohstoffeverbrauch zu minimieren durch die Wahl des Lackier- und Trockenverfahrens in Verbindung mit BVT 28 und den Abschnitten 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3, 6.4.4, 6.4.5 und 6.4.7 in Verbindung mit einer Abgasbehandlungstechnik, wie in BVT 37 bis 42 beschrieben.

VOC-Emissionswerte, die mit den oben genannten BVT erreicht werden können, betragen 10 - 35 g/m$^2$ (siehe Abschnitt 6.3.3.1), (oder 0.3 kg/Fahrzeug + 8 g/m$^2$ bis 1.0 kg/Fahrzeug +26

g/m$^2$ als Äquivalent), wenn die Emissionen und die Oberfläche der durch Elektrophorese beschichteten Fläche entsprechend Anhang 24.5 bestimmt werden.

Zwei Anlagen erreichten 10 g/m$^2$ oder weniger (wie in Bild 6.2 gezeigt) durch Verwenden einer Kombination aus:

- Anlage auf der grünen Wiese und Neubau
- Neuartige umweltfreundliche (‘grüne’) Technologien
- Techniken, die andernorts nicht angewendet werden können, weil z.B. die erreichte Oberflächenqualität derzeitig nicht die Qualitätsanforderungen anderer Hersteller erfüllen.

81. Für bestehende Anlagen ist es BVT, Pläne zur Minderung von Verbrauch und Emissionen zu bestimmen und einzuführen (siehe BVT 13) und die Emissionswerte aus BVT 81 zu erreichen, dabei sind medienübergreifende Effekte und Kosten-Nutzen, hohe Investitionskosten und lange Amortisationszeiten zum Erreichen dieser Werte zu berücksichtigen. Es ist wichtig, Folgendes zu beachten:

- die Investitionskosten und Amortisationszeiten werden in Abschnitt 6.1 diskutiert, andere die Einführung von BVT beeinflussende Faktoren, können in Paragraph 7 gefunden werden
- es können zwei Arten zur VOC-Emissionsminderung angewendet werden:
  (a) Techniken, die in kürzerer Zeit eingeführt werden können, wie die aus Tabelle 21.6 unten (z.B. in ein bis drei Jahren):

| Abschnitt | Techniken | Spezifische Gruppen von Techniken, die zu berücksichtigen sind |
|---|---|---|
| 20.1 | Umweltmanagementsysteme | fortlaufende Verbesserungen (Abschnitt 20.1.2) |
| 20.2 | Anlagenauslegung, -Betrieb und -Management | Automatisierung (Abschnitt 20.2.3) insb. des Spritzens und der Lackzufuhr (siehe auch Abschnitt 20.6) |
| 20.6 | Rohstoffmanagement | alle |
| 20.7.3 | Lackauftragsprozesse und -anlagen | Wechsel zu effizienteren Spritzanlagen:<br>HVLP, Abschnitt 20.7.3.9<br>Airlesszerstäubung 20.7.3.11<br>Elektrostatische Hochrotationsglocken, Abschnitt 20.7.3.15<br>Elektrostatische Hochrotationsscheiben, Abschnitt 20.7.3.16<br>Elektrostatisches Druckluft-, Airless- und Airmixspritzverfahren, Abschnitt 20.7.3.17 |
| 20.9 | Reinigungstechniken | |
| 20.10.1 | Ersatz von Reinigungsmitteln (Substitution) | (siehe Substitution BVT-Abschnitte 31 bis 36) |
| 20.11 | Abgasbehandlung | |

**Tabelle 21.6: Fahrzeuglackierungen: Techniken zur VOC-Minderung, die kurzfristig eingeführt werden können**

(b) Techniken, mit denen eine seh hoheVOC-Minderung erreicht wird. Diese umfassen die Änderung des Lacksystems und/oder des Lackauftragsverfahrens und/oder des Trockenverfahrens (siehe BVT 79 oben). Das ist gewöhnlich mit einer neuen Anlage oder einer vollständigen Sanierung der Lackieranlage verbunden und erfordert erhebliche Investitionen.

Deshalb ist das Alter der Lackieranlage bei der Entscheidung, was angemessen bei der jeweiligen bestehenden Anlage ist, ein entscheidender Faktor (siehe Abschnitt 6.1 und in Paragraph 6 die Faktoren, die die Einführung von BVT beeinflussen).

Es kann technisch vorteilhaft (z.B. größere VOC-Minderung über einen längeren Zeitraum) als auch kosteneffizienter sein, eine Investition zu verschieben bis zu einem Neubau. Z.B. wenn die Lackieranlage sich dem Ende ihres Investitionszykluses nähert. In anderen Fällen kann eine Verschiebung auch nur einen geringen/keinen Vorteil aufweisen.

82. Wird zur Minderung eine Spritzkabinenabgasbehandlung angewendet, ist es BVT, die VOC aufzukonzentrieren unter Verwendung der Techniken, wie sie in Abschnitt 20.11.3.2 beschrieben sind. In der Automobilindustrie wurden (Auf-)konzentrationen der VOC um den Faktor 1:10 bis 1:15 erreicht.

Diese BVT ist wegen der hohen Abgastemperaturen nicht auf die Abgase aus den Trocknern/ Öfen anwendbar (siehe Abschnitt 20.11.3.2).

**Partikelemissionen in die Luft**

83. Es ist BVT, den Staub, wie in BVT 43 angegeben, zu reduzieren.

**Materialeffizienz**

84. Emissionswerte, die mit der Anwendung von BVT zur Minimierung des Lösemittelverbrauchs verbunden sind, sind in den Emissionswerten für VOC in BVT 80 enthalten.

85. Es ist BVT, den Auftragswirkungsgrad der Lacke/Beschichtungen zu erhöhen. Die folgenden Techniken haben die höchsten Auftragswirkungsgrade (siehe Abschnitt 20.7.3):

- Roboterauftrag (siehe Abschnitt 20.2.3)
- Tauchen anstelle von Spritzen
- elektrostatischer Auftrag
- HVLP -Spritzpistolen (Niederdruckspritzlackieren)
- Spritzkabinenoptimierung.

Es gibt aber technische Einschränkungen. Zum Beispiel können konventionelle Spritzpistolen und manueller Spritzauftrag in eingeschränkten Bereichen notwendig sein, in denen HVLP-(Niederdruckspritzen) oder elektrostatische Spritzpistolen nicht verwendet werden können oder nicht die Qualität erreichen und die Betriebsanforderungen erfüllen, wie z.B. bei Kleinaufträgen.

**Emissionen in das Wasser**

86. BVT für Nasswäscher sind im BVT-Abschnitt 49 beschrieben.

87. Die BVT zur Minimierung der Wasserverschmutzung sind in den BVT-Abschnitten 44 bis 49 beschrieben.

**Abfall**

88. Es ist BVT, den Abfallanfall aus der Spritzkabine durch die folgenden Maßnahmen zu minimieren.

- Reduzieren des Anfalls an Lackoverspray durch Optimieren des Auftragswirkungsgrades
- entweder den Lackschlamm vor der Ablagerung zu entwässern und zu recyceln oder Verwenden einer Wasseremulsionstechnik (siehe Abschnitte 20.7.5.6, 20.7.5.7 und 20.7.5.8).

## 21.7 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Kleinlastwagen (Van), Lastkraftwagen (LKW)und LKW-Kabinen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

89. Der Lackierprozess bei der Fahrzeugherstellung ist hochkomplex und vollständig integriert und ist noch komplizierter für LKWs und Nutzfahrzeuge aus technischen und wirtschaftlichen Gründen, siehe Abschnitte 7.3.3.1 und 7.4. Die Wahl der Lack- und Auftragssysteme wirken sich stark auf die Wahl der Trockner und der Abgasbehandlung aus. BVT kann deshalb nicht für jeden individuellen Prozessschritt festgelegt werden.

**Kombinierte BVT**

90. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen als auch den Energie- und Rohstoffverbrauch durch die Wahl des Lacksystems und der Trockenanlage in Übereinstimmung mit BVT 28 und den Abgasbehandlungstechniken, wie sie in BVT 37 bis 42 beschrieben sind, zu minimieren.

Die VOC-Gesamtemissionswerte, die mit den zuvor genannten BVT verbunden sind, betragen (siehe Abschnitt 7.3.3.1):

- für die Lackierung von neuen LKW-Kabinen 10 - 55 g/m$^2$
- für die Lackierung von neuen Kleinlastwagen und LKWs 15 - 50 g/m$^2$

wenn die Emissionen und die Oberfläche auf der Basis der E-Lackfläche entsprechend Anhang 24.5 bestimmt werden.

91. BVT für die Planung und Einführung von Verbrauchs- und Emissionsreduzierungen werden in BVT-Abschnitt 81 behandelt.

92. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen aus der Reinigung auf 20 g/m$^2$ oder weniger zu reduzieren durch Anwendung der guten Praxis bei Ordnung und Sauberkeit sowie von Reinigungs- und Substitutionstechniken, auf die sich die Abschnitte 20.2.2, 20.9 und 20.10 beziehen (siehe Abschnitt 7.3.3.1).

93. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen aus dem Aufbringen von Schalldämmung und Bodenbelagsmaterial durch die Verwendung von lösemittelfreien Polyurethanen oder PVC-Material, die mit Airlessspritzen aufgetragen werden, zu reduzieren (siehe Abschnitt 8.2.8).

**Partikelemissionen in die Luft**

94. BVT zur Reduzierung des Staubes werden im Abschnitt BVT 43 angesprochen.

**Materialeffizienz**

95. Emissionswerte zur Minimierung des Lösemittelverbrauchs, die mit der Anwendung von BVT verbunden sind, sind in den VOC-Emissionswerten in BVT 92 enthalten.

96. BVT zur Maximierung des Auftragswirkungsgrades der Lacke sind im BVT-Abschnitt 85 beschrieben (siehe Abschnitt 20.7.3).

**Emissionen in das Wasser**

97. BVT für Nasswäscher sind in BVT 49 beschrieben.

98. BVT zur Minimierung der Wasserverschmutzung werden in den BVT-Abschnitten 44 bis 49 besprochen.

**Abfall**

99. BVT zur Minimierung des Abfallanfalls aus der Lackierung sind in BVT 88 beschrieben.

## 21.8 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Bussen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

100. Der Lackierprozess bei der Fahrzeugherstellung ist hochkomplex und vollständig integriert und ist noch kompliziert für Busse aus technischen und wirtschaftlichen Gründen, siehe Abschnitte 8.3.3.1 und 8.4. Die Wahl der Lack- und Auftragssysteme wirken sich stark auf die Wahl der Trockner und der Abgasbehandlung aus. BVT kann deshalb nicht für jeden individuellen Prozessschritt festgelegt werden.

**Kombinierte BVT**

101. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen als auch den Energie- und Rohstoffverbrauch durch die Wahl des Lacksystems und der Trockenanlage in Übereinstimmung mit BVT 28 und den Abgasbehandlungstechniken, wie sie in BVT 37 bis 42 beschrieben sind, zu minimieren.

VOC-Emissionswerte, die mit den oben genannten BVT erreicht werden können, betragen 92 - 150 $g/m^2$ für das Lackieren von neuen Bussen (siehe Abschnitt 8.3.3.1), wenn die Emissionen und die Oberfläche auf der Basis der E-Lackfläche entsprechend Anhang 24.5 bestimmt werden.

102. BVT für die Planung und Einführung von Verbrauchs- und Emissionsreduzierungen werden in BVT-Abschnitt 81 behandelt.

103. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen aus der Reinigung auf 20 $g/m^2$ oder weniger zu reduzieren durch Anwendung der guten Praxis bei Ordnung und Sauberkeit sowie von Reinigungs- und Substitutionstechniken, auf die sich die Abschnitte 20.2.2, 20.9 und 20.10 beziehen (siehe Abschnitt 8.3.3.1).

104. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen aus dem Aufbringen von Schalldämmung und Bodenbelagsmaterial durch die Verwendung von lösemittelfreien Polyurethanen oder PVC-Material, die mit Airlessspritzen aufgetragen werden, zu reduzieren (siehe Abschnitt 8.2.8).

105. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen durch Verwenden von vorlackiertem (bandblechbeschichtetem) Material zum Bau der Fahrzeuge zu reduzieren (siehe Abschnitt 9.3.3).

**Partikelemissionen in die Luft**

106. BVT zur Reduzierung von Staub werden im Abschnitt BVT 43 angesprochen.

**Materialeffizienz**

107. Emissionswerte, die mit der Anwendung von BVT zur Minderung des Lösemittelverbrauchs verbunden sind, sind in den VOC-Emissionswerten der BVT-Abschnitte 101 und 103 enthalten.

108. BVT zur Maximierung des Lackauftragswirkungsgrades wird im BVT-Abschnitt 85 beschrieben (siehe Abschnitt 20.7.3).

**Emissionen in das Wasser**

109. BVT für Nasswäscher sind in BVT-Abschnitt 49 beschrieben.

BVT zur Minimierung der Wasserverschmutzung werden in den BVT-Abschnitten 44 bis 49 besprochen.

**Abfall**

110. BVT zur Minimierung des Abfallanfalls aus der Lackierung werden im BVT-Abschnitt 88 beschrieben.

## 21.9 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Schienenfahrzeugen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

111. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch das Verwenden einer Kombination der folgenden Techniken in Tabelle 21.7 als auch der allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind, zu reduzieren:

| Technik | Abschnitt | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| **Materialspezifische Techniken:** | | |
| Auftrag von wasserbasierter Grundierung, Primer und Decklack | 9.3.3 und 9.4.2.1 | |
| Auftrag von konventionellem Klarlack | 9.3.3 und 9.4.1 | nur bei 2-Schicht Lackfinish |
| wasserbasierte Primer und Unterbodenschutz in Verbindung mit Dickschichtmaterialien | 9.3.3 und 9.4.1 | |
| wasserbasierte Primer und Füller | 9.3.3 und 9.4.2.1 | |
| Verwenden von Füllspachtel mit geringem Styrolgehalt | 9.3.3 | |
| Verwenden von High-Solid-Lacken | 9.4.2.2 | für 1-Schicht-Decklack, wenn kein wasserbasierter Decklack aufgetragen wird |
| Verwenden von vorlackiertem (bandblechbeschichtetem) Material für den Neubau von Schienenfahrzeugen | 9.3.3 | |
| **Prozessspezifische Techniken:** | | |
| Auftrag durch Tauchen, konventionelle oder Elektrotauchlackierung | 20.7.2.3 | |
| Auftrag von lösemittelfreier Polyurethan-Schalldämmung und Bodenbeschichtungsmaterial | 8.2.8 | wo Schalldämmung und Bodenbelag aufgebracht wird |
| Minderung der lackierten Oberfläche, z.B. durch Verwenden von Klebefolien für dekoratives Design und als Graffitischutz | 9.3.3 | |
| Auftrag mit Geräten mit hohem Wirkungsgrad: HVLP-, Airless- und Airmix-Spritzverfahren | 9.3.3 und 9.4.3.2 | |
| Recycling von Reinigungsmitteln durch Destillation von lösemittelhaltigen Lackabfällen und Lackschlämmen | 9.3.3, 20.13.1 und 20.13.2.2 | |
| Thermische Nachverbrennung zur Behandlung der Abgase | 9.3.3 und 9.4.6.5 | Abgase aus den Trocknern |

**Tabelle 21.7: Züge: Techniken zur Minderung der Lösemittelemissionen in die Luft**

Die mit der Anwendung von BVT verbundenen VOC-Emissionswerte für diese Techniken sind 70 – 110 g VOC/m² lackierter Fläche, siehe Abschnitt 9.3.3.1 (siehe Anhang 24.2. Das ist nicht die E-Lackfläche, wie sie entsprechend Anhang 24.5 bestimmt wird).

**Partikelemissionen in die Luft**

112. Es ist BVT, die Partikelemissionen durch Anwendung einer geeigneten Kombination folgender Techniken zu mindern:

- Verbessern der Absorptionsleistung durch Venturizentrifugen (siehe Abschnitt 20.11.3.4)
- Wäscher (siehe Abschnitt 9.4.6.2)
- Trockenfilteranlagen (siehe Abschnitt 9.4.6.3)
- Elektrostatische Filter (siehe Abschnitt 9.4.6.4).

Die mit diesen Techniken erreichbaren Emissionswerte betragen 3 mg/m³ oder weniger.

## 21.10 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Land- und Baumaschinen (LBM)

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

113. Lack und Auftragsverfahren können voneinander abhängig sein, und die Wahl der Abgaserfassung und -behandlung hängt auch von dieser Wahl ab. Es ist BVT, ein Lacksystem und eine Trocknungsanlage entsprechend BVT 28 zu wählen in Verbindung mit einer Abgasbehandlungsanlage entsprechend den BVT-Abschnitten 37 bis 42. Geeignete Techniken können aus den Tabellen 21.8, 21.9 und 21.10 unten gewählt werden, als auch aus den BVT-Abschnitten 114 und 115.

Nach Expertenmeinung der TWG betragen die VOC-Emissionswerte in Verbindung mit den oben genannten BVT entweder:

- 20 - 50 mg C/m³ im Abgas und 10 - 20 Gew.- % des Lösemitteleinsatzes für diffuse Emissionen oder
- Gesamtemissionen von 0.2 - 0.33 kg VOC pro kg Feststoffeinsatz.

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| 2-Komponenten-Epoxyprimer wasserbasiert, 2-Komponenten Decklack wasserbasiert | 20.7.2.3 | |
| wasserbasierter Tauchlack, zweistufig | 20.7.2.3 | |
| Elektrotauchlack + wasserbasierter Tauchlack | 20.7.2.3 | |
| Elektrotauchlack + 2-Komponenten Decklack (lösemittel- oder wasserbasiert) auf sichtbare Oberflächen gespritzt | 20.7.2.2, 20.7.2.3 | |
| Pulverlack | 20.7.2.5 | neue oder modernisierte Anlage |

**Table 21.8: LBM: Techniken in Bezug auf das Lackmaterial**

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Wechsel von Spritzauftrag zu konventionellem Tauchlack | 20.7.3.3 | wo Teile eine geeignete Größe haben |
| Wechsel von Spritzauftrag zu KTL | 20.7.3.4 | wo Teile eine geeignete Größe haben |
| Wechsel von einem 2-Schichtsystem zu einem Einschichtelektrolack | 20.7.3.4 | wo Teile eine geeignete Größe haben |
| Wechsel zu Pulverdecklack | 20.7.3.18 | neue oder modernisierte Anlage |

**Tabelle 21.9: LBM: Auftragstechniken**

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Filtern der Partikelemissionen | 20.11.3.5 | wo wasserbasierte Lacke benutzt werden |
| Einhausen der Vorbehandlungsanlage und Abluftbehandlung | 20.11 und 20.11.3.7 | lösemittelhaltige Lacke |
| Behandlung der Ofenabgase | 20.11 | lösemittelhaltige Lacke |
| Behandlung der Abgase der Tauchtanks (Adsorption, Verbrennung) | 20.11 | lösemittelhaltige Lacke |

**Tabelle 21.10: LBM: Abgasbehandlungstechniken**

**Substitution**

114. Es ist BVT, andere Lacksysteme anstelle von Lacken, die auf halogenierten Lösemitteln basieren, zu verwenden (siehe BVT 33 und 34). Andere Lacksysteme sind erhältlich auf dem Markt (siehe Abschnitte 20.7 und 20.10).

Für halogenierte Reinigungslösemittel siehe BVT 33 und 35.

115. Es ist BVT, dieTauchlackierung (siehe Abschnitte 10.2, 10.4 und 10.4.3) für Bauteile vor dem Zusammenbau zu verwenden, um:

- Lösemittel zu reduzieren durch Reduzierung der Spritzlackierung
- die Materialeffizienz zu erhöhen (abhängig von der erforderlichen Lackschichtdicke)
- den Abluftstrom zu reduzieren und damit die Größe und den Energieverbrauch der Absaugung und der Behandlungsanlage.

**Partikelemissionen in die Luft**

116. BVT zur Reduzierung von Staub werden im Abschnitt BVT 43 angesprochen.

## 21.11 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Schiffen und Yachten

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

117. Verkauf und Verwendung von Antifouling, das Tributylzinnoxid (TBTO) enthält, wird durch die EU-Gesetzgebung überwacht, siehe Abschnitt 11.2.3. Optionen für weniger ökotoxische Antifoulingbeschichtungen werden in Abschnitt 11.4.5 beschrieben.

118. Es ist BVT, die Emissionen in die Umwelt zu minimieren, indem sichergestellt wird, dass die BVT des Abschnitts ‚Verhalten im Trockendock‘ für diese Anlagen berücksichtigt werden.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

119. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch eine Kombination der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie in Abschnitt 21.1 beschrieben, zu mindern:

- Verwenden wasserbasierter Highsolids oder von 2-Komponenten-Lacken (mit oder ohne Heißspritzverfahren (hot spraying) siehe Abschnitt 11.4.4.2) anstelle traditioneller lösemittelbasierter Lacke (siehe Abschnitt 11.4.2). Das Ausmaß der Substitution kann begrenzt sein durch Kundenanforderungen und technische Anforderungen an die Beschichtung
- Reduzieren des Oversprays und Erhöhen des Auftragswirkungsgrades (siehe Abschnitt 11.4.6) durch Rückhalten des Oversprays am Boden des Trockendocks durch:
  - Verwenden von Netzen, Wasservorhängen oder anderen Methoden
  - begrenztes Spritzen bei Wetterbedingungen, wenn Windstärke oder –richtung zu höherem Overspray führen
- bei Neukonstruktion: Spritzen der Segmente vor dem Zusammenbau (‘Blockweise’) in eingehausten Bereichen (siehe Abschnitt 11.2.1)
- Absaugen der Luft aus eingehausten Bereichen, in denen gespritzt wird, und Verwenden einer geeigneten Kombination von Abgasbehandlungstechniken, wie in Abschnitt 20.11 beschrieben.

**Partikelemissionen in die Luft**

120. Es ist BVT, die Staubpartikelemissionen in die Luft durch eine oder mehrere der folgenden Techniken zu reduzieren:

- Erfassen des Staubes und jeglicher Schleifmittel und entfernter Lackpartikel innerhalb des Docks oder der Slipanlage durch:
  - das Verwenden von Netzen und/oder Wasservorhängen oder anderer vergleichbarer Methoden
  - Einschränkung der Lackentfernung mit Schleifmitteln bei Wetterbedingungen, wenn Windstärke und –richtung die Staubdrift erhöhen würden
  - Anwendung von Gehäusestrahlen oder Vakuumstrahlen, Hochdruckwasserstrahlen oder Slurrystrahlen (siehe Abschnitte 11.4.3.2, 11.4.3.3, 11.4.3.4) in Übereinstimmung mit den technischen Anforderungen.

121. Es ist BVT, die Abwasserverschmutzung zu vermindern durch die Entfernung von Lackresten, Farbresten und –behältern, gebrauchten Schleifmitteln, Schlamm, Ölresten und anderen Schrottmaterialien vor der Flutung des Docks. Diese Materialien sind in Behältern aufzubewahren bis zu einer geeigneten Behandlung, z.B. Wiederverwendung und/oder Ablagerung (siehe Abschnitte 11.3.3.1 und 20.12).

## 21.12 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Flugzeugen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

122. Flugzeugbau und –wartung benötigen eine Bauart-/Typzulassung aus Sicherheitsgründen. Die Herstellergarantie für den Korrosionsschutz beträgt 25 Jahre. Das schränkt einige BVT-Optionen ein, da nur bestimmte Lacksysteme dafür geeignet sind.

123. Es ist BVT, Cr(VI)-Emissionen in das Wasser zu unterbinden durch Verwenden von alternativen Passivierungsprozessen anstelle von Cr(VI)-Waschprimer, sofern eine Typzulassung existiert (siehe Abschnitt 12.4.3).

124. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch alle oder eine Kombination der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind, zu reduzieren:

- Verwenden von Highsolids oder 2-Komponenten-Lacken anstelle von Material mit höherem Lösemittelgehalt (siehe Abschnitt 12.4.2.1)
- Kapselung/Einhausung der Abgase an der Stelle des Anfalls und bei Bauteilen (siehe Abschnitte 12.3.1.1 und 12.4.5.3), da diese Teile 80 % der Oberfläche ausmachen
- Anwenden einer geeigneten Kombination von Abgasbehandlungstechniken, wie in Abschnitt 20.11 beschrieben (siehe auch Abschnitt 12.4.5 Abgasbehandlung)
- Reduktion oder Ersatz von Lösemitteln in Reinigungsmitteln (siehe Abschnitte 20.9 und 20.10), Automatisierung der Reinigungseinrichtungen (siehe Abschnitt 20.2.3) wie das Abmessen der Reinigungslösemittel und Minderung der Emissionen aus der Lagerung und der Anwendung (siehe Abschnitte 20.2.2.1 und 20.2.3), insbesondere bei der Verwendung von imprägnierten Tüchern zur Reinigung.

**Partikelemissionen in die Luft**

125. Es ist BVT, die Staubemissionen durch beides zu reduzieren:

- Verbesserung des Abscheidegrades durch Venturiabscheidung (siehe Abschnitt 12.4.5.1)
- Verwenden von Wäschern (siehe Abschnitt 12.4.5.2).

Die damit erreichbaren Emissionswerte betragen 1 mg/m³ oder weniger.

## 21.13 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren/Beschichten von Metalloberflächen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Kombinierte BVT**

126. Lack und Auftragsverfahren können voneinander abhängig sein und werden in Abhängigkeit von der Art des Werkstückes und des zu beschichtenden Untergrundes gewählt. Die Auswahl der Abgaserfassung und -behandlung hängt auch von dieser Wahl ab. Es ist BVT, ein Lacksystem und eine Trocknungsanlage entsprechend BVT 28 zu wählen in Verbindung mit einer Abgasbehandlungsanlage entsprechend den BVT-Abschnitten 37 bis 42.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

127. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch Verwenden einer oder einer Kombination der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind:

- Lacke mit geringem Lösemittelgehalt (siehe Abschnitt 20.7.2)
- VOC-Behandlungstechniken in BVT-Abschnitt 126.

Nach Expertenmeinung der TWG betragen die VOC-Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden, 0.1 bis 0.33 kg VOC/kg Feststoffeinsatz (wie in Anhang 24.2 diskutiert). Diese Werte treffen nicht auf metallische Autoteile zu, die in einer Anlage beschichtet werden, bei der die Emissionen in der Emissionsmassenbilanzrechnung für die Serienlackierung von Fahrzeugen berücksichtigt werden (siehe Abschnitte 21.6, 21.7 und 21.8).

128. Es ist BVT, andere Beschichtungssysteme anstelle von solchen auf der Basis von halogenierten Lösemitteln (siehe BVT 33 und 34) zu verwenden. Andere Beschichtungssysteme stehen auf dem Markt zur Verfügung (siehe Abschnitte 20.7 und 20.10).

Für halogenierte Reinigungslösemittel siehe BVT-Abschnitte 32 und 35.

**Materialeffizienz**

129. Es ist BVT, den Materialverbrauch zu reduzieren (einschließlich der Lösemittelverwendung) durch Anwendung von Auftragstechniken mit hohem Wirkungsgrad (siehe Abschnitt 20.7.3).

## 21.14 Beste verfügbare Techniken für die Bandblechbeschichtung

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen. Die Branche verwendet wasserbasierte Vorbehandlungsprozesse (z.B. Entfettung, Galvanisieren, Umkehrbeschichtung usw.), die BVT für diese Prozesse werden im BVT-Merkblatt STM diskutiert, siehe Paragraph 3.

**Energieverbrauch**

130. Es ist BVT, durch Wahl der Techniken aus Abschnitt 20.5 den Energieverbrauch zu reduzieren und Energie aus der thermischen Abgasbehandlung zurückzugewinnen, siehe Abschnitt 20.11. BVT-basierte Verbrauchswerte zeigt Tabelle 21.11 (siehe Abschnitt 14.3.2.3):

| Verwendete Energie/1000 $m^2$ Substrat | Minimum | Maximum |
|---|---|---|
| Elektrizität in kWh/1000 $m^2$ Aluminium | 270 | 375 |
| Elektrizität in kWh /1000 $m^2$ Stahl | 250 | 440 |
| fossile Brennstoffe in MJ/1000 $m^2$ Aluminium | 4000 | 9800 |
| fossile Brennstoffe in MJ /1000 $m^2$ Stahl | 3000 | 10200 |

**Tabelle 21.11: Bandblechbeschichtung: Energieverbrauch zur Beschichtung von Aluminium- und Stahluntergründen**

**Lösemittelemissionen in die Luft**

131. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen durch eine Kombination der Techniken, wie sie in Tabelle 21.12 als auch den allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind, zu reduzieren. Die VOC-Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden, sind (siehe Abschnitt 14.3):

- für Neuanlagen: 0.73 - 0.84 g/m$^2$ für Abgase und 3 – 5 % für diffuse Emissionen
- für bestehende Anlagen: 0.73 - 0.84 g/m$^2$ für Abgase und 3 – 10 % diffuse Emissionen.

Siehe Abschnitt 14.3.3.1. Bestehende Anlagen werden die unteren Werte des Bereiches nicht erreichen, wenn sie nicht erheblich modernisiert worden sind.

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| **Substitution** | | |
| Highsolid-Lacke | 14.4.3.1 | nicht bei allen Anwendungen |
| Wasserlacke | 14.4.3.2 | nicht bei allen Anwendungen |
| Pulverlacke [(1)] | 14.4.3.3 | nahezu keine VOC Emissionen aber Geruchsprobleme |
| Laminatbeschichtungen | 14.4.3.4 | nicht bei allen Anwendungen |
| **Auftrag** | | |
| Rollenauftrag | 14.4.4.1 | [(2)]alle |
| **Abgaserfassungsammlung und -behandlung** | | |
| Luftschleuse am Ein- und Ausgang | 14.4.8.1 | [(2)] alle |
| Unterdruck in Verarbeitungsbereichen | 14.4.8.2 | [(2)] alle |
| Absaugung und Behandlung der Luft der Lackier-Vorbehandlungsbereiche | 14.4.8.3 | [(2)] alle Neuanlagen: geringe VOC-Konzentrationen |
| Absaugung und Behandlung der Luft aus dem Lackauftrag | 14.4.8.4 | [(2)] alle: 8 % der VOC-Quelle |
| Absaugung und Behandlung der Luft aus dem Trockner/Ofen | 14.4.8.5 | [(2)] alle: 95 % der verarbeiteten VOCs |
| Absaugung und Behandlung der Luft aus der Abkühlzone | 14.4.8.6 | Neuanlagen: 1 – 2 % VOCs |
| **Reinigung** | 14.4.4.2 | |
| **Management von lösemittelhaltigen Abfällen** | 20.2.2.1 und 20.13 | |

[(1)] Pulverlacke können nahezu Null-VOC-Emissionen erreichen, können aber nicht für alle Anwendungen aus technischen Gründen verwendet werden. Sie benötigen auch häufig eine Abgasbehandlung aus Geruchsgründen.
[(2)] alle = nicht-Pulverlackprozesse, diese Techniken werden aus anderen Gründen angewendet, z.B. wegen Geruchsproblemen.

**Tabelle 21.12: Bandblechbeschichtung: eine Auswahl an Techniken zur Steuerung des Lösemittelverbrauchs und der –Emissionen**

**Abfall**

132. Es ist BVT, Stahl und Aluminium von den Resten des Untergrundes zu recyceln, siehe Abschnitt 14.3.3.3.

## 21.15 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren und Bedrucken von Metallverpackungen

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Energieverbrauch**

133. Es ist BVT, Energie durch Verwenden der Techniken aus Abschnitt 20.5 zu reduzieren und Energie aus der thermischen Abgasbehandlung zurückzugewinnen, siehe Abschnitt 20.11. BVT-assoziierte Verbrauchswerte für zweiteilige Metalldosen (DWI) sind (siehe Abschnitt 15.3.2):

- Erdgas 5 – 6.7 kWh/$m^2$
- Elektrizität 3.6 – 5.5 kWh/$m^2$
- zurückgewonnene Energie (da, wo Energierückgewinnung möglich ist, nicht anwendbar auf Fälle, wo Emissionswerte durch Substitution eingehalten werden) 0.3 – 0.4 kWh/$m^2$.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

134. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen zu reduzieren. Die VOC-Emissionswerte in Tabelle 21.13 (siehe Abschnitt 15.3.3.1) sind verbunden mit der Anwendung von ausgewählten Techniken, der Tabelle 21.14 als auch der allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind.

| | **VOC-Emissionswert beim Auftragen (g/$m^2$) (2)** | |
|---|---|---|
| | **lösemittelbasiert** | **wasserbasiert** |
| Kontakt mit Lebensmitteln<br>• DWI-Getränkedosen<br>• Bleche für Enden (Deckel und Böden), Dosen und Komponenten<br>• Fässer | 6,7 bis 10,5<br>4 bis 93<br>90 bis 100 | 3,2 bis 4,5<br>1 bis 30 |
| Kein Kontakt mit Lebensmitteln<br>• Bleche für Enden, Dosen und Komponenten<br>• Fässer | 4 bis 93<br>60 bis 70 | 1 bis 30<br>11 bis 20 |
| Druckfarbe<br>• Bleche für Enden, Dosen und Komponenten(1) | 2,5 bis 13 | 1 bis 6 |
| Anmerkungen:<br>[1] UV-Druckfarben- und Lackaufträge sind zwar auf Non-Food- und Spezialanwendungen beschränkt, können jedoch niedrigere als die in dieser Tabelle angegebenen Werte erreichen<br>[2] Die Werte enthalten auch diffuse Emissionen | | |

**Tabelle 21.13: Metallverpackungs-Emissionswerte für Lösemittel, in Verbindung mit BVT**

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| Ersatz der Lack und Druckfarben (Substitution) | 15.4.1, 15.4.2 | |
| Auftragstechniken | 15.4.3 | |
| Drucken | 15.4.4 (siehe auch die relevanten Abschnitte und BVT für das Drucken) | |
| Abgaserfassung und –behandlung | 15.4.5, 20.11 | |
| Minimieren und Behandlung des lösemittelhaltigen Abfalls | 20.13 | |

**Tabelle 21.14: Metallverpackungstechniken zur Minderung der Lösemittelemissionen**

Anmerkung der Übersetzerin: keine Angaben unter Anwendbarkeit.

**Emissionen in das Wasser**

135. Es ist BVT, die Emissionen in das Wasser zu minimieren. Die Emissionswerte, die Tabelle 21.15 abbildet, können durch Verwenden einer geeigneten Kombination von Techniken, wie sie in den Abschnitten 15.4.6 und 20.12 beschrieben sind, eingehalten werden.

| Verbindung | Konzentration (mg/l) |
|---|---|
| CSB | 350 oder weniger |
| AOX | 0.5 – 1 |
| HC | 20 oder weniger |
| Sn | 4 oder weniger |

**Tabelle 21.15: Metallverpackungen: Emissionswerte für Abwasser**

## 21.16 Beste verfügbare Techniken für das Lackieren von Kunststoffwerkstücken

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt 'Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels', Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

136. Werden wasserbasierte Vorbehandlungsverfahren angewendet, werden die BVT-Werte und Verbrauchswerte im BVT-Merkblatt STM diskutiert, siehe Paragraph 3.

137. Lack und Auftragsverfahren bedingen einander und werden abhängig von der Art des Werkstücks und des zu beschichteten Untergrundes ausgewählt. Es kann auch Unverträglichkeiten zwischen den Lacksystemen geben. Die Wahl der Abgaserfassung und –behandlung hängt auch von dieser Auswahl ab.

**Kombinierte BVT**

138. Es ist BVT, den Lösemittelverbrauch und die –emissionen durch die Maximierung des Lackauftragswirkungsgrades und Minimierung des Energieverbrauchs durch Wahl von Lacksystemen und Trocknungsanlagen entsprechend BVT-Abschnitt 28 in Verbindung mit den Abgasbehandlungstechniken, wie sie in den BVT-Abschnitten 37 bis 42 diskutiert werden, zu reduzieren.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

139. Es ist BVT, die Lösemittelemissionen durch Verwenden einer Technik oder einer Kombination der folgenden Techniken in Verbindung mit den allgemeinen BVT, wie sie in Abschnitt 21.1 beschrieben sind, zu reduzieren:

- Lacke mit geringem Lösemittelgehalt (siehe Abschnitt 20.7.2)
- VOC-Behandlungstechniken in den BVT-Abschnitten 138, 140 und 141.

Nach Expertenmeinung der TWG betragen die Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden 0.25 bis 0.35 kg VOC/kg des Feststoffeinsatzes (siehe Abschnitt 16.3.2.1 und Verwendung der Vorgaben, wie sie in Anhang 24.2 diskutiert werden). Diese Werte finden keine Anwendung, wenn Autokunststoffteile in einer Anlage lackiert werden und diese Emissionen in einer ‚Emissionsmassenbilanz für die Serienbeschichtung von Fahrzeugen' berücksichtigt sind (siehe Abschnitte 21.6, 21.7 und 21.8).

140. Bei neuen oder modernisierten Anlagen ist es BVT, die Lösemittelemissionen bevorzugt durch wasserbasierte Systeme zu reduzieren.

141. Bei einfachen Polypropylenflächen ist es BVT, die Lösemittelemissionen und den Wasserverbrauch durch Wischen von Hand mit lösemittelimprägnierten Tüchern zu mindern (siehe Abschnitt 16.2).

**Partikelemissionen in die Luft**

142. BVT zur Minderung von Staub sind in BVT-Abschnitt 43 angesprochen.

**Materialeffizienz**

143. Es ist BVT, den Materialverbrauch (einschließlich des Lösemittelverbrauchs) und Materialverluste zu minimieren durch einen verbesserten Rohstoff-Auftragswirkungsgrad durch Managementtechniken. Die folgenden Schlüsseltechniken haben aber technische Einschränkungen (siehe Abschnitte 16.2 and 16.4):

- Vorbehandlung der Kunststoffoberfläche durch Fluoridpräparation
- Auftragstechniken mit hohem Wirkungsgrad, wie z.B. (siehe Abschnitt 20.7.3):
  - Automatisierung des Lackauftrags (Wirkungsgrade von 45 bis 85 % können erreicht werden, abhängig von der Geometrie)
  - Verwenden von elektrostatischen Hochrotationsglocken
  - Verwenden von HVLP- oder elektrostatischen Auftragsverfahren
  - chargenweiser Farbauftrag.

**Emissionen in das Wasser**

144. BVT für Nasswäscheranlagen sind im BVT-Abschnitt 49 beschrieben:

- Optimieren des Auftragswirkungsgrades (siehe Abschnitt 20.7.3)
- Minimieren des Anfalls von Lackschlamm (siehe Abschnitte 20.7.5.6, 20.7.5.7 und 20.7.5.8).

145. Die BVT zur Minimierung der Wasserverschmutzung werden in den BVT-Abschnitten 44 bis 47 besprochen.

**Abfall**

146. Die BVT zur Minimierung des Abfallanfalls aus der Lackierung sind im BVT-Abschnitt 88 angegeben.

## 21.17 Beste verfügbare Techniken für das Beschichten/ Lackieren von Möbeln und Holzmaterialien

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

147. Lack und Auftragsverfahren bedingen einander und werden abhängig von der Art des Werkstücks und des zu beschichteten Untergrundes ausgewählt. Es kann auch Unverträglichkeiten zwischen den Lacksystemen geben. Die Wahl der Abgaserfassung und –behandlung hängt auch von dieser Auswahl ab.

**Kombinierte BVT**

148. Es ist BVT, den Lösemittelverbrauch und die –emissionen durch die Maximierung des Lackauftragswirkungsgrades und Minimierung des Energieverbrauchs durch Wahl von Lacksystem und Trocknungsanlage entsprechend den Techniken in Tabelle 21.17, den allgemeinen BVT, wie in BVT-Abschnitt 28 beschrieben, und den Abgasbehandlungstechniken, wie sie in den BVT-Abschnitten 37 bis 42 beschrieben werden, zu reduzieren.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

149. Die VOC-Emissionswerte entsprechend BVT-Abschnitt 148 betragen:

- 0.25 kg oder weniger VOC/kg des Feststoffeinsatzes

oder

- entsprechen den Werte, wie sie in Tabelle 21.16 angegeben sind:

| Lacksystem organischer. Lösemittelgehalt | Lösemittelgehalt (Gew.-%) | Emissionsminderungsmaßnahme | VOC-Emission ($g/m^2$) |
|---|---|---|---|
| hoch | 65 | Auftragstechnik mit hohem Wirkungsgrad und Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz | 40 – 60 |
| mittel | 20 | | 10 – 20 |
| niedrig | 5 | | 2 – 5 |

**Table 21.16: Holzlackierung: VOC-Emissionen für verschiedene Lacksysteme bei Verwendung von einigen grundlegenden Emissionsminderungsmaßnahmen**

| Technik | Querverweis | Anwendbarkeit |
|---|---|---|
| **Substitution** | | |
| wasserbasierte Lacke | 17.4.3.1 | Nicht möglich bei Eiche |
| Pulverbeschichtungen herkömmlich getrocknet | 17.4.3.2 | nur MDF |
| strahlungsgehärtete Beschichtungen | 17.4.3.3 | nur bei flachen Werkstücken |
| **Lackieren / Beschichten** | | |
| Rollen und Spachteln mit Umkehrbeschichtung | 17.4.4.1 | nur bei flachen Werkstücken |
| Vorhangbeschichten (Gießen) | 17.4.4.2 | |
| Konventionelles Tauchen | 17.4.4.3 | |
| Vakuumbeschichten | 17.4.4.5 | |
| Pulverlack- elektrostatisch unterstütztes Spritzen | 17.4.4.9 | |
| Fluten | 17.4.4.4 | |
| **Abgaserfassung und -behandlung** | | |
| Spritzkabinen mit Partikelabscheidung | 17.4.5 | |
| Abgasbehandlungsverfahren | 17.4.4.6 und 20.11 | Wenn andere Techniken nicht möglich sind oder nicht die geforderten Werte erreichen |
| **Management von lösemittelhaltigen Abfällen** | 20.2.2.1 und 20.13 | |

**Tabelle 21.17: Holzbeschichtungstechniken zur Minderung des Lösemittelverbrauchs und der –emissionen und Erhöhung des Auftragswirkungsgrades**

**Partikelemissionen in die Luft**

150. Es ist BVT, die Partikelemissionen vom Spritzen durch Nass- oder Trockenfiltern der Abgase aus der Spritzlackierung zu minimieren, wie in den Abschnitten 20.11.3.5, 20.11.3.6 und 20.11.3.7 sowie im Abschnitt 17.4.5 beschrieben. Die Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden können, sind im BVT-Abschnitt 43 angegeben.

**Split view (geteilte Auffassung)**

Die Branche hat eine andere Auffassung zu den Werten im BVT-Abschnitt 43. Entsprechend den Informationen in den Abschnitten 17.4.7.1 und 17.4.7.4 betragen die Emissionswerte, die als mit BVT erreichbar angesehen werden, 10 mg/m$^3$ oder weniger für diese Anlagen.

Diese Werte basieren darauf, was als wirtschaftlich und technisch machbar in dieser Branche angesehen wird.

**Materialeffizienz**

151. Es ist BVT, den Rohstoffverbrauch durch Anwendung der Techniken in Tabelle 21.17 und Abschnitt 17.4.1 zu optimieren.

## 21.18 Beste verfügbare Techniken bei der Holzkonservierung

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

152. Wegen der Toxizität der Bestandteile des Behandlungsverfahrens (siehe Abschnitt 18.1) werden BVT-Abschnitte 15 und 16, Bezug nehmend auf die Verhinderung ungeplanter Freisetzungen in das Wasser und den Boden, betont.

**Lösemittelemissionen in die Luft**

153. Es ist BVT, die VOC-Emissionen durch Anwendung der Vakuumimprägnierung mit wasserbasierten oder hochkonzentrierten Pestizid-Lösemittel-Systemen (siehe Abschnitte 18.4.2 und 20.10) oder durch Abgasbehandlung lösemittelbasierter Systeme (siehe Abschnitt 20.11) zu reduzieren. Geeignet sein können insbesondere Aktivkohle oder Kondensation bei zeitweilig/sporadisch anfallenden Arbeiten oder bei variierendem Ausmaß der Arbeiten.

154. Es ist BVT, einen abschließenden Vakuumschritt in den Prozesszyklus aufzunehmen, um die überschüssigen Lösemittel/Trägermaterialien zu entfernen.

Die Minderung der VOC-Emissionen verbunden mit BVT 153 und durch BVT 153 allein betragen (siehe Abschnitt 18.3.3.1):

- 99 %, Minderungen können erreicht werden durch wasserbasierte Systeme
- 70 %, Minderung können erreicht werden mit lösemittelbasierten Systemen mit Abgasbehandlung.

155. Bei lösemittelbasierten Systemen wird eine bedeutende Menge an Lösemitteln freigesetzt, nachdem das Holz behandelt wurde. Es ist deshalb BVT, die Auswirkungen der Lösemittel durch Verwenden von lösemittelbasierten Systemen mit einem geringeren Ozonbildungspotential zu reduzieren (siehe Abschnitt 20.10.2).

156. Es ist keine BVT zu spritzen, da das Spritzen einen Gesamtauftragswirkungsgrad von nur 10 - 15 % hat (siehe Abschnitt 18.1).

**Emissionen in den Boden und das Wasser**
157. Sowohl für wasserbasierte als auch lösemittelbasierte Systeme ist es BVT, das überschüssige Pestizidsystem in gefaßten/kontrollierten Bereichen ablaufen zu lassen (siehe Abschnitt 20.2.1). Die gesammelten Pestizide können entweder wiederverwendet oder als gefährlicher Abfall beseitigt werden.

## 21.19 Beste verfügbare Techniken bei der Spiegelherstellung

Die Einleitung in das Kapitel 21 (im Abschnitt ‘Einige Hilfen zum Verständnis dieses Kapitels’, Paragraph 2) erklärt, welche Beziehungen zwischen BVT in diesem Abschnitt und den allgemeinen BVT in Abschnitt 21.1 bestehen.

**Lösemittelemissionen in die Luft**
158. Es ist BVT, den Lösemittelverbrauch und die –emissionen (hauptsächlich Xylol) durch eine Kombination der folgenden Techniken und der allgemeinen BVT, wie in Abschnitt 21.1 beschrieben, zu reduzieren:

- Verwenden von Lacken mit hohem Feststoffanteil, siehe Abschnitt 19.4.2.1
- Auftrag mit Vorhangbeschichtung (nahezu 100 % Auftragswirkungsgrad) siehe Abschnitt 19.4.3.1.
- Einhausung der Hauptbereiche, in denen Lösemittel benutzt werden, Absaugen und thermische Behandlung des Abgases.

Hersteller, die nicht kontinuierlich produzieren, müssen möglicherweise eine alternative Abgasbehandlung verwenden (siehe Abschnitt 19.4.5).

Die VOC-Emissionswerte, die mit diesen Techniken erreicht werden können, betragen 1 bis 3 $g/m^2$ für das Abgas (2 bis 3 % des Lösemitteleinsatzes) und 5 bis 10 $g/m^2$ diffuse Emissionen (8 bis 15 % des Lösemitteleinsatzes), siehe Abschnitt 19.3.3.1.

**Ersatz gefährlicher Materialien (Substitution)**
159. Es ist BVT, die Verwendung gefährlichen Materials durch Verwendung bleiarmer Farbe zu reduzieren (siehe Abschnitt 19.4.2.1).

**Emissionen in das Wasser**
160. Leitfäden über BVT in Bezug auf wasserbasierte Oberflächenbehandlungsprozesse in dieser Branche und der Behandlung der zugehörigen Emissionen in das Wasser und der damit verbundenen Emissionswerte sind im BVT-Merkblatt STM angegeben.

# 22 EMERGING TECHNIQUES FOR SURFACE TREATMENT USING SOLVENTS

An emerging technique is understood in this document as a novel technique that has not yet been applied in any industrial sector on a commercial basis. This section contains those techniques that may appear in the near future and that may be applicable to the surface treatment using organic solvents sector.

## 22.1 Printing/coating

### 22.1.1 UV curing flexography

**Description:** It is likely that UV curing flexo printing, for purposes other than beverage cartons, will be developed in the future.

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduced VOC use and emissions.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Operational data:** Keine Daten übermittelt.

**Applicability:** Keine Daten übermittelt.

**Economics:** Keine Daten übermittelt.

**Driving forces for implementation:** Keine Daten übermittelt.

**Beispielbetriebe:** Keine Daten übermittelt.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004]

## 22.2 Winding wire manufacture

### 22.2.1 Waxing of fine wires

**Description:** Techniques are being considered to reduce the solvents emission from the final drying of wax on fine wires (0.01 – 0.1 mm.).

**Erreichte Umwelteffekte:** Reduction of VOC consumption and emissions.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine Daten übermittelt.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004].

## 22.3 Manufacture of abrasives

### 22.3.1 High speed drying and hardening processes

**Description:** For several years, patents have been established aiming at faster drying and hardening of the bond materials. The new processes include, for example, the application of UV radiation or microwaves.

**Erreichte Umwelteffekte:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** Within the next few years, none of the present developments will change or influence the production processes at existing abrasive production plants.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** No data submitted.

## 22.4 Manufacture of adhesive tape

No data submitted.

## 22.5 Coating of cars and light vans

[13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

### 22.5.1 Improved water-dilutable 1- and 2-component clear coating

**Description:** New products in the form of improved water-dilutable 1- and 2-component clear coating systems as well as ‘very high solid’ 2-component clear coating systems (with a solids content of up to 90 wt-%) are expected in the future.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** No data submitted.

### 22.5.2 Developments in powder coating

**Description:** The application of powder topcoating on a larger scale is expected. According to statements from paint producers, a variety of pigmented finish coating systems based on powder are already available; however, these are not yet in serial application. According to industry, this may be due to the difficulty in colour mixing, making recycling impossible. The current powder coats do not meet most European manufacturers requirements for durability and physical and chemical resistance.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** Some health and safety considerations with the powder coatings (siehe Abschnitte 20.7.3.18 and 20.7.3.19).

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** DaimlerChrysler in the US has planned to completely coat the Jeep Wrangler with powder coats from 2004 onwards. BMW in Germany has now converted one production unit to powder coating. However, white top coat cannot be achieved satisfactorily, and this is produced on the repair line.

**Reference literature:** [128, TWG, 2005] [162, Eurocar, 2005]

### 22.5.3 Low cost conversion concept

This technique has been referred to in literature provided [13, DFIU and IFARE, 2002]. According to vehicle industry experts, it does not exist, while paint supply industry experts think it refers to the water-based base coat system with reduced flash-off, siehe Abschnitt 20.7.2.4.

### 22.5.4 Increased use of pre-coated materials

**Description:** A further development may be an increasing share of completely finished coil coating parts so that certain painting processes will no longer be performed by the car manufacturer (see Chapter 14).

**Achieved environmental benefits:** Because coil coated materials are coated before forming (shaping) and completion of sub-assemblies (e.g doors), the application and extraction techniques enable a lower VOC emission per $m^2$ coated than post-forming painting.

**Cross-media effects:** VOC emissions (although reduced) remain but are transferred to the production of the coil coated materials.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.
**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** No data submitted.

### 22.5.5 Polyurethane (PU) paint systems

**Description:** Paint systems based on a polyurethane can be already burned-in at temperatures below 100 °C. This allows the lacquer finish of both metal bodies and plastic mounted parts within a single painting process. A so-called 'in-line lacquer finish' would solve the problem of the colour adjustment between the metal body and the coloured plastic parts.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** The wide range of PU-based paint systems is available for all layers of the paint structure, ranging from the primer to the finish coating as well as for sound absorption and underbody protection. The low burn-in temperatures allow for the use of a wide range of plastics.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** No data submitted.

### 22.5.6 Reduction in paint layers

**Description:** A reduction in the number of paint layers is to be expected, as primers and base lacquers are united into one material applied in one paint film. Primerless systems using 2-component water-based base coat are being introduced. Primerless systems reduce application steps from four to three and ovens from three to two. Base coat thickness is slightly increased to cover the underlying electrocoat and to protect it against the impact of UV radiation.

**Achieved environmental benefits:** Materials and energy are saved and at the same time the emissions from the painting process decrease.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** Primerless systems may lead to substantial cost savings.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** In commercial use at DaimlerChrysler Rastatt, Germany; SEAT Martorell, Spain; Mini Oxford, UK; and VW, Mexico. Further plants are scheduled for transformation.

**Reference literature:** [128, TWG, 2005].

## 22.6 Coating of trucks and commercial vehicles

No data submitted.

## 22.7 Coating of buses

No data submitted.

## 22.8 Coating of trains

No data submitted.

## 22.9 Coating of agricultural and construction equipment

No data submitted.

## 22.10 Coating of ships and yachts

### 22.10.1 Hot electrostatic air mix

**Description:** This technique can be used indoors and outdoors. Because of the heating of the paint, the right viscosity can be gained so less VOC is emitted. Note that production can be lower than with conventional techniques.

**Achieved environmental benefits:** Geminderte VOC-Emissionen.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** Applicable indoors, for example with maintenance and repair work, and outdoors, in combination with S-shaped windscreens.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plant:** In the Netherlands, a pilot is being carried out to use hot electrostatic air mix techniques on ships.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004]

### 22.10.2 Replacement of antifouling paints based on biocides (substitution)

#### 22.10.2.1 Paints with natural biocides

**Description:** Natural biocides are produced, for example, by some coral species as a protection against fouling.

**Achieved environmental benefits:** This antifouling system does not contain heavy metals or biocides.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** These substances show a lower persistence due to a better biodegradability rating compared to inorganic materials such as copper compounds or TBT.
**Applicability:** Paints containing natural biocides are still being tested.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [13, DFIU and IFARE, 2002].

#### 22.10.2.2 Coatings with special surface properties for a reduction of fouling

**Description:** Coatings with a special surface structure such as micro-roughness can be used for a reduction of fouling.

**Achieved environmental benefits:** This antifouling system does not contain heavy metals or biocides.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** A pilot project for the testing of environmentally sound antifouling paints was carried out by an environmental regulator, a green NGO and paint manufacturers. During the study, this type of coating performed the best out of all biocide-free materials.

**Applicability:** Applicable to all ships.

**Economics:** Costs are claimed to comparable to other tin- and copper-free antifoulings.

**Driving forces for implementation:** SED. Water pollution legislation and policies.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [13, DFIU and IFARE, 2002] [69, Watermann, et al., 2003] [128, TWG, 2005]

## 22.11 Coating of aircraft

No data submitted.

## 22.12 Coating of other metal surfaces

No data submitted.

## 22.13 Coil coating industries

No data submitted.

## 22.14 Coating and printing of metal packaging

### 22.14.1 Low solvent content coating (waterborne paint)

**Description:** The solvent percentage depends on the mechanical and chemical performance requirements. No further data submitted.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** Currently, no suitable high performance water-based internal lacquers are available.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004]

### 22.14.2 Radiation curing processes

**Description:** For a general description, see section 20.8.2. No commercial application is known for coil coating applications. See also section 14.4.7.2.

**Achieved environmental benefits:** Reduces solvent emissions.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** Radiation curing may become an important technology for new lines but it is difficult to see how it could be a viable replacement for a conventional solvent-based coating as a retrofit on an existing line. In its current state of development, radiation curing cannot meet the specifications for the whole range of coil coating products. Small scale trials continue with development products. UV lamps or EB units will need to be installed on lines wishing to run radiation cured coatings. These factors mean that a changeover to radiation cured coatings is not feasible for coil coating installations at present.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004] [58, ECCA, 2004]

## 22.15 Serial coating of plastic workpieces

**Description:** Currently, research is underway into the development of thermal curing low temperature powders and UV curing powder coatings.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** Early results are promising for the application capability of such powder systems for some plastic parts. Water-based in mould coating systems applied to the coating of steering wheels are at a testing stage.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004]

## 22.16 Coating of furniture and wood materials

### 22.16.1 Power coating

**Description:** At present, research into the application of powder coatings for the woodworking industry is strongly associated with the development of new generations of powder coating materials, which have more suitable melting and curing processes. Powder coating systems cross-linking by UV radiation are still at an early stage of their development, but UV cured powders are already used in production for, e.g. MDF and flat wood panels. At present, the electrostatically assisted application of powder coatings onto non-conductive wood and wood materials is under development.

**Achieved environmental benefits:** In this context, the earthing of electric charges via freshly produced wet lacquer film has been examined. This painting principle has been used for furniture fronts and has produced the following results:

- in comparison to the low pressure procedure (HVLP), electrostatic high rotation atomisation increases the application efficiency by approx. 35 %, and accordingly the material efficiency by approx. 30 %
- it reduces the generation of waste (paint) by approx. 80 %.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** So far, electrostatically assisted painting processes can only be applied in rare individual cases in wood processing. Therefore, further research is necessary.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [13, DFIU and IFARE, 2002]

### 22.16.2 Peroxide and IR bleaching

**Description:** A new method for bleaching has been developed which combines peroxide application and infrared radiation. No further data submitted.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** www.altonic.fi

#### 22.16.2.1 Non-thermal plasma treatment

**Description:** In the waste gas, a plasma is created at low temperatures (30 – 120 ºC) by routing the waste gas through two electrodes with an alternating current of 20 – 30 kV. In the plasma, the VOC vapours react very quickly with oxygen to form $CO_2$ and water vapour.

In a plasma, the molecules of the gasflow are in a partly ionised condition. This condition is normally achieved by extremely high temperatures, such as that caused by lightning. However, it can also be created at ambient temperatures if enough energy is added.

**Achieved environmental benefits:** Efficiencies of 97 - 99.9 % are achieved without heating the waste gas. The installation for this technique is very compact compared to thermal oxidation and also consumes far less energy.

**Cross-media effects:** Energy consumption of 0.5 – 3.0 kWh electric energy per 1000 $m^3$ waste gas treated.

**Operational data:** Different layouts are available. Sometimes the space between the electrodes is filled with small glass balls to amplify the electric field.

**Applicability:** This technique has only been commercially applied for a few years to reduce odour emissions and sometimes to treat waste gases containing VOC. At the moment, the technique is used as a pilot in a demonstration project applied to treat VOC emissions from the drying of wood. The technique was expected to be commercially applied to this application in 2004.

In theory, there is no restriction in applications concerning the VOC concentrations in the waste gas; however, it is currently applied for treating low concentrations. Also small or large flows can be treated.

**Economics:** No data on cost are available yet. However, this technique is expected to be cheaper than thermal oxidation or adsorption.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Reference literature:** [63, Vito, 2003] [76, TWG, 2004]

## 22.17 Wood preservation

No data submitted.

## 22.18 Manufacture of mirrors

No data submitted.

## 22.19 Waste gas treatment

### 22.19.1 Electrically heated carbon adsorption tubes

**Description:** Carbon adsorption tubes can be mounted on individual printing/coating application lines and used to adsorb VOCs. The VOCs can then be recovered by passing a current through the electrically conducting carbon tubes.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** No data submitted.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** Small scale trials have been shown to be successful in the UK.

**Reference literature** [76, TWG, 2004]

## 22.20 Waste water treatment

### 22.20.1 Wet separation spray booth – with $SiO_2$ particles

**Description:** Overspray in a spray booth where surfaces are sprayed with paint materials can be intercepted by applying a water curtain. The water-paint mixture is captured and treated in a reservoir below the spray booth. $SiO_2$ particles are added to the water reservoir and while floating at the surface are adsorbing the paint particles. When the $SiO_2$ particles are saturated with paint, they are removed from the reservoir and are recovered as a new paint.

**Achieved environmental benefits:** VOC emissions are reduced and the recovered paint and $SiO_2$ particles can be re-used in a new paint.

**Cross-media effects:** Arising of waste water which can often be re-used.

**Operational data:** The process is fully developed and ready for commercialisation; however, it is not yet available on a large scale.

**Applicability:** Wet separation spray booths are common practice in wood and furniture painting and in the automotive industry. They are applicable to water- and solvent-based paints.

The technique is currently not applied on a commercial level.

**Economics:** Not known yet.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [63, Vito, 2003]

# 23 CONCLUDING REMARKS

## 23.1 Timing of the work

The kick-off meeting of the Technical Working Group (TWG) was held in March 2003 and the first draft was issued for consultation in May 2004. The second draft (with BAT proposals) was issued for consultation in October 2005. The final TWG meeting was held in June 2006.

## 23.2 Sources of information and progress of the work

Eighteen industries are discussed in this document, using approximately 150 information sources. The type, quantity and quality of data varied according to the industry.

The Solvent Emissions Directive (SED) also applies to all the industries in this sector. Some reports were prepared by Members States and the industries concerned on good practice and potential BAT to assist implementation of the directives before work started on this document, and these formed the basis of the first draft. Reports from two Europe-wide studies prepared to implement the SED and UNECE Protocols controlling VOCs[27] were also used. Some of the documents supplied considered the industry at the much lower SED thresholds, which caused some difficulty, particularly in identifying process descriptions and techniques for the IPPC BAT discussion. However, it should be noted that the TWG has clarified these issues through the information exchange and has drawn conclusions based on the data for installations exceeding the IPPC capacities.

Good practice or BAT guides were received from the following MS: Austria, Belgium, France, Germany, the Netherlands, the Nordic Council and Spain, predominantly on printing and painting. There was little other data on consumptions and emissions from MS.

The role of industry in providing data and clarifying issues was crucial. This was considerably assisted by most of the industries discussed and their suppliers and consultants participating in ESVOCCG[28]. Suppliers and consultants have an important overview and played a significant role in providing and clarifying data on techniques, consumptions and emissions.

Major BAT studies, guidance documents, industry surveys, etc. were supplied (among others) by: printing, winding wires, adhesive tape, automotive industries, coating of ships (from Portugal), metal packaging, coil coating and mirrors. Some industries also used their own shadow TWGs to provide co-ordinated industry responses. Seven industry associations, together with ESIG, provided substantial contributions, and estimated their costs to be EUR 1.36 million (an average of EUR 191000 per association). In all, ESVOCCG estimates the total industry contribution to the information exchange to be about EUR 2.2 million.

A major source of data has been the comments from the TWG to the two drafts: nearly 2000 in each case. Further information has also been exchanged to clarify individual techniques and comments.

[27] Documents from DFIU/IFARE (including ISACOAT studies) prepared for the implementation of SED were used in several chapters. EGTEI data were prepared in support of the UNECE Protocols to reduce the transboundary transport of VOCs and $NO_x$. As a result of this information exchange, some of the EGTEI documents have also been updated in consultation with the industries concerned.

[28] ESVOCCG: the European Solvents VOC Coordination Group co-ordinates the solvent industries' responses to the relevant European policy proposals and legislation under the auspices of CEFIC.

Information also came from site visits to installations demonstrating potential BAT for printing, packaging, manufacture of winding wires, vehicle assembly, can coating and furniture painting in France, the Netherlands and Germany. Meetings with ESVOCCG and ACEA[29] also contributed to the exchange.
EGTEI synopsis sheets are prepared to assist the collection of national data on emissions the RAINS model. These contain data for the cost benefit at a European level of the application of key abatement techniques in various industries, and these data have been used to check the BAT conclusions, add background information on industries, and in some cases to support the derivation of BAT. Equally, the participation of CITEPA (the authors) in the TWG also enabled the verification and updating of some of the synopsis sheets, leading to more consistency. The EGTEI approach is necessarily limited in complexity, and cannot consider all the possible techniques for BAT, and does not take into account other BAT considerations, such as cross-media effects or the technical characteristics of individual products or BAT at an installation level. The data therefore do always not map easily into the BREF format and methodology. However, the data are useful at a high level and are fully referenced in the document.

To minimise repetition, as many techniques as possible that could be considered for use by more than one industry were discussed generally in Chapter 20. A major section of this is on waste gas treatment, and a sub-group meeting was held to facilitate the drafting of this and reaching BAT conclusions. Because so many different processes and combinations of techniques were being discussed, each with their own variability, it was agreed that the focus of the BAT conclusions should be to find emission ranges associated with suitable combinations of the best available techniques. It was also agreed that these ranges should be based on meaningful production-related measures for each industry, such as VOC emitted in g/m$^2$ treated or per kg of solids input. These emission ranges are usually the same as those used for the SED implementation, to reduce confusion.

Many of the data were focused predominantly on VOC emissions and there was a significant lack of data on other issues for integrated process control and reduction of consumptions. In common with other BREF projects, there was a lack of quantitative data in many areas.

Data received on the magnetic tape industry showed that there were only three installations in the EU, and one of these had 80 % of the European market. On the basis that this industry is being replaced by other types of recording data, an information exchange was not considered to be resource-effective. Information received on the shoe manufacturing industry showed that none in the EU reached the IPPC thresholds. For friction linings, less than 10 German companies account for half the European production, with only about 20 % of production using solvent-based processes. Again, an information exchange was not considered to be resource effective. Both of these processes should be considered for the first review.

No data were received on the manufacture of boats using polyester resins, so it remains unclear if this activity is within the scope of this document.

It is reported that some installations processing semi-conductors and some printing of wallpapers may use solvents for degreasing above the IPPC thresholds, but no data were received.

[29] ACEA: the European association of automotive manufacturers.

## 23.3 Degree of consensus

Industry asked for clarification of the definitions of 'organic solvents' and 'consumption capacity' in Annex 1 (6.7) to the IPPC Directive. At the conclusion of the information exchange, it could be seen that the exchange had dealt with information on organic solvents being defined as VOCs (as defined in the Solvent Emissions Directive, Council Directive 1999/13/EC). It could equally be seen that, in determining conclusions on BAT, the exchange had focused on installations whose actual use of solvents exceeded the consumption capacity thresholds stated in the IPPC Directive (where the use in the activity included solvents recovered from waste gas emission abatement equipment). Interpretation of these capacity thresholds is discussed in the context of work carried out by DG Environment to develop some guidance on the interpretation of certain provisions of the Directive.

A high level of consensus was achieved overall on the techniques to be considered and the BAT conclusions, with one split view requested by industry.

## 23.4 Gaps in knowledge and recommendations for future research and information gathering

The following gaps in knowledge were identified as a consequence of the information exchange. Some are described in the main text, others under development are described in Chapter 22, Emerging Techniques. They are summarised here with proposals for future work:

### 23.4.1 General issues:

**Industries considered.** As noted above, this document does not discuss the manufacture of magnetic tapes, self-adhesive labels, friction linings, boat construction using resins, semi-conductors and wallpapers.
***Recommendation:*** Data should be gathered on these industries to assess if they should be considered for inclusion in the review of this document.

**EGTEI synopsis sheets.** As noted in Abschnitt 23.2, above, these have provided helpful data. However, the approach often does not map readily into the BREF format and methodology.
***Recommendation:*** Maintain liaison with CITEPA/EGTEI and consider using EGTEI data to a greater extent particularly for any update or review. Also, ensure CITEPA/EGTEI are aware of developments in BAT.

**Energy usage.** This is probably the next most important issue in this sector after VOC emissions. However, for process techniques, it has been almost impossible (there are a few exceptions) to derive BAT or consumption values related to production for energy.
***Recommendation:*** More data are required on the energy usage associated with techniques, and related to production throughput measures. These would be most helpful if they are related to the same production measures used for VOC emissions.

**Energy used in EoP techniques and quantifying the cross-media and economic effects of abatement.** Attempts have been made to quantify these issues, but insufficient data were available (see specifically the metal packaging industry, below). One option is comparing marginal social costs of burning natural gas to abate VOCs, particularly at low concentrations, but available costs have been prepared on different bases and the costs have uncertainities attached to them (particularly those for $CO_2$).
***Recommendation:*** More information is required to help determine the selection of investment routes (cost-benefit of abatement verses more efficient application and low solvent techniques) and to determine when it is possible to turn off waste gas treatments when low solvent substitutions have been made (see the metal packaging sector for more detail).

**Using less hazardous substances: using solvents with lower ozone formation potential (OFP).** No discussion on VOC emissions would be complete without a discussion of ozone formation and the differing potentials of the various solvents to form ozone. The technique is referred to in the ECM REF, and the STS TWG exchanged important and helpful information. The conclusion was the technique can only be currently considered BAT in limited circumstances for several reasons:

- it is not necessary where adequate waste gas abatement exists
- there are several comparative scales (all derived by complex models). The most commonly referred to in Europe is POCP, which lists some 130 substances (not all of them solvents) and this is used in modelling for EU and MS policy requirements rather than in practical applications, such as informing process development
- these scales cannot currently be used to show compliance with legislation such as SED, although substitution on this basis would assist meeting the objectives of the SED and IPPCD
- OFP scales are not used when deriving complex formulations such as paints and inks. The costs of applying this and deriving new formulations are high and the time scales long, so using them as a basis for substitution in these mixtures is not currently feasible. This would be better achieved as part of other exercises, particularly under REACH, where the issue can be considered as one of several factors, and development costs can be shared.

While controlling the emission of VOCs will assist in controlling ozone formation, the anticipated benefits will not be achieved if the total ozone-formation load (mass released x OFP) remains higher than anticipated. As an example, one of the widely-applicable BAT options is the use of high solids paints. However, during the final TWG meeting it was noted that to achieve the required dispersion of the pigments, more powerful solvents are used. These may be from types of solvent with significantly higher ozone forming potentials, so while the VOC emission may be significantly reduced, the expected reduction in ozone formation may not be realised.
***Recommendation:*** More research and information is therefore required to:

- assess the use of the OFP worldwide in regulation
- ensure that the most appropriate OFP scale and/or the most suitable scale is developed for future EU initiatives use, e.g. to give data on a wide range of commonly used solvents, and to aid development as an emissions control technique
- assist the development and application of this technique in paints, inks and other surface treatments containing VOC, e.g. under REACH
- assess the impact of paints and surface treatments recently developed as substitutes to meet SED requirements and determine their effectiveness in reducing the EU, MS and local burdens of ozone.

**$NO_x$ from solvents containing nitrogen.** These are used in some of the processes discussed. It is unclear to what extent oxidation of these is a major source of $NO_x$, and if this will change in the future, as other initiatives are likely to lead to a decline in the use at least one solvent containing nitrogen
***Recommendation:*** More information is needed on the amount of solvents containing nitrogen used in the EU, and projected future usage and to calculate the amount of $NO_x$ these solvents contribute to the EU and local burdens.

**The use of high efficiency application techniques.** Although these are often given as BAT, or are included in a group of techniques to consider to achieve emissions associated with BAT, they are often not recognised as having an effect on VOC emissions if these are calculated, for example, as kg VOC/kg solids input. In these cases, both VOC and solids used are reduced, and the kg/kg ratio remains the same. This may prevent the more rapid application of BAT in some industries, and would include minimising raw material consumption. Decreased VOC emissions are shown where calculated against a production output parameter, such as VOC g/$m^2$.
***Recommendation:*** More data are required on the applicability of these techniques in some industries, and more guidance is required on how to calculate the VOC emissions.

**The use of novel techniques in waste gas treatment.** There was little information available on more recent, non-traditional techniques to treat waste gases which might be able to reduce capital investment, reduce energy consumption and/or running costs, such as UV oxidation, non thermal plasma, and carbon absorption tubes mounted in individual treatment lines (an emerging technique). The lack of information may be due to poor take up, in turn caused by the lack of information to base investment decisions on. There was also contradictory information on biological treatment, with both reported successes and failures, which require further clarification of the applicability of this technique.
***Recommendation:*** Seek further information on these and other possible techniques, cost-effectiveness and cross-media effects, and support research into the development of alternative waste gas treatment techniques.

**Novel technique for materials recovery in spray booths.** Overspray in paint booths is frequently intercepted by water curtains. An emerging technique is described using $SiO_2$ particles to enable the paint to be recovered, but little information was supplied.
***Recommendation:*** Seek further information on these and other possible techniques, cost-effectiveness and cross-media effects, and support research into the development of alternative material recovery techniques.

**Secondary aerosols.** These were identified at the final TWG plenary meeting as an emission that had not been discussed during the information exchange.
***Recommendation:*** More information is required to determine if and in which processes this may be an environmental problem. If a problem is identified, then information on the extent and its control will be required.

### 23.4.2 Industry specific issues

**Flexographic printing:** Some beverage cartons are printed using solvent-free UV curing flexographic inks. These use UV curing inks which could be developed for other applications.
***Recommendation:*** Research to support the wider application of solvent-free UV inks and other surface treatments.

**Publication gravure printing**: A considerable amount of energy is used in regenerating adsorption beds used to control toluene emissions. To remove the maximum amount of toluene involves increasing the absorption cycles and therefore energy. The toluene emission level at which the energy consumption starts to climb exponentially is not known and requires a series of trials.
***Recommendation*:** A series of trials is needed to derive data establishing the toluene emission as a percentage of the total toluene input with the minimum optimum energy usage. The trials can be carried out in existing installations.

**Winding wires:** The remaining area of significant VOC emission is from the application of lubricants. The industry provided data demonstrating that it was not economically or technically viable to enclose and treat the air required to evaporate the solvent from the lubricant. Developments in BAT have centred on the use of solvent-free lubricants, but these are limited by (i) wire size, and (ii) these lubricants not meeting all customer specifications.
***Recommendations:*** Research is required to develop further solvent-free lubricant systems that meet the necessary performance requirements, and to assist with the gaining of the performance specifications for existing options.

**Abrasives:** Emerging techniques for faster drying and hardening of the bonding materials have been identified, for example, using UV or microwave radiation and probably low or no solvent.
***Recommendation:*** More information is required on these techniques.

**Coating of cars, vans, trucks and truck cabs, and buses:** There was less information available on commercial vehicles and buses than for cars. Energy was identified as a major concern, but there is difficulty in establishing comparable data, even within the same company.

The following are in development and may contribute to future BAT:

- improved water-based 1- and 2- component clear coating
- very high solids clear paints (up to 90 % solids)
- increased use of pre-coated materials, reducing the painting in the assembly installation. Because coil-coated materials are coated before forming (shaping) or assembly, the application and extraction techniques enable a lower VOC emission per $m^2$ coated than post-forming painting
- powder coating is used in the US and one or two plants in the EU. It is not widely used in Europe, as it does not meet manufacturers quality specification for chemical and physical durability
- low cost conversion concept (LCCC). This technique has been described and reference plants identified, but there seems to be doubt about its definition (i.e. is the naming and description wrong) and/or existence. Typical water-based basecoat systems used to achieve low emission levels need high capital investment. The LCCC is claimed to use paints with similar characteristics, but use less energy and require less equipment change and less capital investment. Supply industry information was given on water-based coatings with reduced flash-off requirement, which is in commercial use in at least two plants, and this is described
- polyurethane (PU) paint systems enable both metal bodies and plastic parts to be painted together in a single process. It is unclear what the effect this will have on VOC emissions, although lower oven temperatures are likely to save energy
- reduction in paint layers as primers and base coats are merged, such as by using 2-component water-based basecoats, resulting in reduced emissions of VOC, waste and waste water and a reduction in energy consumption.

***Recommendation:*** More information is required on the status of these techniques, their cross-media effects, applicability and economics. Powder coating can achieve low VOC emission levels, but more research is required to improve the quality of the finishes to European manufacturers' standards. More data are required on the LCCC concept, to clarify the terminology, and the technique and its benefits.

**Coating of trains, agricultural and construction equipment, ships and yachts, aircraft, other metal surfaces, plastics:** Very little information was received on these topics, although significant additional information was provided after Draft 2 for ship repair. Conclusions were drawn for other metal surfaces and plastics based on the automotive (OEM) installations and the expert opinion of the TWG.
***Recommendation:*** More data are required in these areas to improve the quality of the BAT conclusions. Data on the manufacturing and coating of new ships and yachts (particularly using polyester resins) are needed. The shipping industry (and others) may not understand that high solids paints (with lower solvent emissions) may be more expensive per kg, but the same price per $m^2$ treated: more information needs to be made available on this.

**Metal packaging:** There is little information on the application of some potential BAT (low solvent or solvent-free water-based coatings) as their application in the industry is hindered. To deal with the original higher solvent concentration techniques, large waste gas oxidisers are installed, which deal with high volumes of air, and can be 25 % of the site capitalisation. As solvent emissions are reduced, the solvent concentration in the air stream drops well below the autothermal level, requiring gas as a fuel. No data exist on when to turn off these oxidisers. It is not economically viable to both convert to low solvent or solvent-free coatings and use gas to support combustion of the low level of remaining solvent.
***Recommendation:*** More information is required on when to turn off EoP techniques (see Energy used in EoP techniques, above).

**Coil coating:** Radiation curing is used in other industries in conjunction with low solvent or solvent free coatings. Development work has been undertaken for its application in coil coating.
***Recommendation:*** More information is required on the status and applicability of radiation curing process. Research may be needed to assist its applicability to existing plants.

**Furniture and wood coating:** There was limited information on waste gas treatments, especially on the potential to use thermal oxidisers in high solvent applications. Powder coatings (with UV curing) and electrostatic high rotation application have been developed with some success for large flat panels.
***Recommendation:*** More research is required to develop these and similar techniques to a wider range of products to reduce solvent usage.

**RTD programme**
The EC is launching and supporting, through its RTD programmes, a series of projects dealing with clean technologies, emerging effluent treatment and recycling technologies and management strategies. Potentially these projects could provide a useful contribution to future document reviews. Readers are therefore invited to inform the EIPPCB of any research results which are relevant to the scope of this document (see also the preface to this document).

## 23.5 Review of this document

The data on techniques relating to VOC usage and emissions is largely current to the information exchange (2003 to 2006), and unlikely to change until more experience has been acquired in confirming with, regulating for and reporting for the SED and IPPCD. This additional data would also assist with considering the industries not discussed in this document (identified in Abschnitt 23.2). The lack of data on other issues (identified in Abschnitt 23.4) needs addressing, but this would also benefit from the studies proposed and experience gained in applying the directives. End-of-pipe abatement techniques are predominantly mature, and other techniques such as substitution develop gradually. National documents covering these industries show little need for change seven years after the introduction of the SED. A review may be considered for approximately 2009 to address gaps in data, particularly for the industries that may potentially be within the scope of this document, although it is unlikely that a full review will need to be considered before 2012.

An issue for consideration will be how to update the document if fresh information is available for a minority of the techniques and industries earlier than 2012.

# REFERENZLITERATUR


4 Intergraf and EGF (1999). "Printing and the Environment, Guidance on BAT in Printing Industries".

8 IFARE and CITEPA (2002). "Application of paint in vehicle (trucks, truck cabins, buses) and wood coating".

11 IMPEL (2000). "Good practice fact sheet - PRINTERS", European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, Antal Sidor 42.

12 UBA Germany (2002). "Integrated Pollution Prevention and Control in selected Industrial Activities; Installations for Surface Treatment using organic solvents for Dressing, Impregnating, Printing, Coating. Part I: Dressing, Impregnating, Coating." Federal Environmental Agency, Berlin, funding nr. 200 94 324.

13 DFIU and IFARE (2002). "Best Available Techniques (BAT) for the Paint- and Adhesive Application in Germany. Volume I: Paint Application", Deutsch-Franzosisches Institut fur Umweltforschung/Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement, Volume I.

14 DFIU and IFARE (2002). "Best Available Techniques (BAT) for the Paint- and Adhesive Application in Germany. Volume II: Adhesive Application", Deutsch-Franzosisches Institut fur Umweltforschung/Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement.

18 UBA Germany (2003). "Integrated Pollution Prevention and Control in selected Industrial Activities; Installations for Surface Treatment using organic solvents for Dressing, Impregnating, Printing, Coating. Part II: Printing." Federal Environmental Agency, Berlin, 200 94 324.

21 Nordic Council of Ministers (1998). "Best available techniques (BAT) for the printing industry", Nordic Council of Ministers, TemaNord 1998:593.

22 Vito (1998). "Beste Beschikbare Technieken voor de Grafische Sector", BBT-kenniscentrum Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

23 Spain (2000). "Sector Tratamiento de Superficies con Disolventes Organicos; Subsector Metalgrafico, Epigrafe 6.7", Fundacion Entorno, Empresa y Medio Ambiente.

27 InfoMil (2003). "T10 Milieu-informatie Scheepsbouw en -reparatie", Versie 2.

29 Netherland (1996). "Milieuhandboek Grafische Industry".

32 Aminal; Vito and Sitmae Consultancy bv (2002). "Evaluatie emissiereductiepotentieel voor VOS-emissies van de grafische sector, deel 1", Aminal. Afdeling Algemeen Milieubeleid, 00.1688.

35 Aminal; Vito and Sitmae Consultancy BV (2002). "Evaluatie van het reductiepotentieel voor VOS emissies naar het compartiment lucht en de problematiek van de implementatie van de Europese richtlijn 99/13/EG in de grafische sector in Vlaanderen; deel 3", Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Algemeen Milieu- en Natuurbeleid.

37 CITEPA (2003). "Draft Background Document on the sector: Publication gravure", CITEPA.

51 Aminal; VITO and Sitmae Consultancy bv (2002). "Measuring method for fugitive solvent emissions in flexible packaging".

52 SPIN Netherlands (1994). "Procesbeschrijvingen industrie; grafische sector", Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen industrie Nederland, Section 61.

53 US EPA et al. (2003). "Pollution prevention in the printing industry - a manual for pollution prevention technical assistance providers", http://www.p2pays.org/ref/03/02453/.

54 BMLFUW Austria (2003). "Stand der Technik bei ausgewählten Anlagen zur Oberflächenbehandlung mit organischen Lösungsmitteln", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

55 Europacable (1997). "EWWG Guidance Document; The Environment", The Winding Wire Business Group of Europacable.

57 Rentz, O.; Laforsch, M.; Holtmann, T. and Nunge, S. (1999). "Technical Background Document for the Actualisation and Assessment of UN/ECE Protocols related to the Abatement of the Transboundary Transport of Volatile Organic Compounds and Nitrogen Oxides from Stationary Sources." French-German Institute for Environmental Research University of Karlsruhe, 29694828.

58 ECCA (2004). "The coil coating industry a metal surface treatment (organic coating)", European Coil Coating Association, IPPC March 2004, issue 4.

59 EIPPCB (2006). "Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics", European IPPC Bureau.

60 ESIG (2000). "Guide on VOC emissions management", European Solvents Industry Group.

61 GEPVP; -, G. E. d. P. d. V. P. and Manufacturers.", E. A. o. F. G. (2004). "Mirror manufacture".

62 CITEPA (2003). "Final Background Document on the sector: Car Coating", in the framework of EGTEI.

63 Vito (2003). "Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de houtverwerkende nijverheid", Vito, 2002/IMS/R/.

64 EWWG (2004). "Techniques to consider BAT in the Winding Wire Industry", The Winding Wire Business Group of EUROPACABLE.

65 UKDEFRA (2003). "Sector Guidance Note IPPC SG6; Secretary of State's Guidance for the A2 Surface Treatment Using Organic Solvents Sector", Department for Environment Food and Rural Affairs, October 2003.

66 UBA Germany (2003). "Besuch der Firma Schwering&Hasse Elektrodraht GmbH in Lüdge am 12.11.03", Umwelt Bundesamt Germany, personal communication.

67 EIPPCB (2003). "Reference document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector", European Commission.

68 ACEA (2004). "ACEA Contribution STS BREF", May 2004.

69 Watermann; Daehne; Wiegemann; Lindeskog and Sievers (2003). "Performance of biocide-free antifouling paints", Multi-stakeholder project of WWF Germany with ministeries, shipowners and paint manufacturers, Volume III, 125 pages.

70 UBA Germany (2003). "Mission report: Rexam, Berlin." UBA, personal communication.

71 BSTSA "Metal Pre-Treatment; Information for industrialists, marketing specialists, technical designers, managers and buyers..." British Surface Treatment Suppliers Association.

72 Hamann (2004). "Waterless printing", personal communication.

75 Jansen (2005). "Workshop on VOC abatement, Sevilla 15/11/2004".

76 TWG (2004). "Compiled comments of the TWG on STS draft 1, May 2004", October 2004.

79 SEFEL (2004). "Workshop on VOC abatement, Seville, 15/11/04 - Comments on Draft Results".

80 EWWG (2004). "STS BREF update to Chapter 3 Winding Wires".

87 ISACOAT (2004). "ISACOAT Workpackage 3.5", DFIU/IFARE, University of Karlsruhe.

89 Envirowise (2003). "Reducing solvent use by good housekeeping GG413 (updates and replaces *Good housekeeping measures for solvents, GG28)*".

90 Envirowise (1998). "Reduce costs by tracking solvents".

91 EIPPCB (2005). "Reference document on Best Available Techniques on Emissions from Storage".

92 WRc_plc (1980). "The determination of safe limits for the discharge of volatile materials to sewers - technical report TR142".

93 Agences de l'Eau de France; SITS; SATS; CETIM and Ministére de L'Amenagement du Territoire et de l'Environnement (2002). "Surface Treatment - Waste Water Treatment", Agence de l'Eau Rhone-Mediterranée-Corse, 2-9506252-3-1 (EN), 2-9506252-2-3 (FR).

94 EIPPCB (2006). "Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals".

95 Vito (2005). "Flemish BAT reduction measures for the STS BREF".

96 European Solvents Industry Group (2005). "VOC photochemical reactivity".

97 EIPPCB (2005). "Reference document on Best Available Techniques on Economics and Cross-Media effects".

98 EC (1976). “Council directive of 27 July 1976 on the approximation of the laws, regulations and administrative procedures of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations 7/769/EEC", OJ.

102 EC (2000). “Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of-life-vehicles", Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of-life-vehicles.

103 EC (2003). “Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment", Official Journal of the European Communities (OJ).

104 UBA - DE (2004). "New surface treatment concept with innovative elements - Final report (Report No. 20046)".

105 UBA - DE (2002). "Einführung eines Verfahrens zur umweltfreundlichen Beschichtung von Aluminiumrädern (Report No. 20036)".

106 ACEA (2005). "BAT proposal for bumpers coating", v2 12.04.05.

107 VDI (2005). "Wood issues - report 3462".

108 DFIU/IFARE (1999). "Preservation of wood".

109 European Environmental Agency (2001). "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook", Technical report No. 30.

110 EC (1996). “Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control", OJ (Official Journal of the European Communities), pp. 26.

111 Eurofer (2003). "Draft Reference document on best available techniques in the continuous electrolytic coating of steel".

112 Verspoor and manufacturer], M. i. (2005). "Incineration costs", personal communication.

113 EIPPCB (2003). "Reference Document on the General Principles of Monitoring".

114 Jepsen, D. (2005). "Phone discussion with P.Tempany 1/04/05", personal communication.

115 Intergraf (2005). "Proposal for BAT ranges for Heatset".

116 AEA; al, e. and Institute, S. E. (2005). "The impacts and costs of climate change".

117 ACEA (2005). "BAT proposal for cars".

118 ACEA (2005). "BAT proposal non-car vehicles (vans, truck cabs and chassis, buses)".

119 RIZA (1999). "Best safety practice for preventing risks of unplanned discharges".

120 INRS (1998). "Ateliers de traitement de surface: Prévention des risques chimiques", ED 827.

121 UK DEFRA and notes, S. o. S. s. G. (2003). "Guidance for the A2 Surface Treatment Using Organic Solvents Sector", SG6.

122 Dupont and May, T. (2005). "E-mail on solvent usage", personal communication.

123 EC (1999). “Council Directive 1999/13/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installtions", OJ.

124 SEFEL (2005). "Proposed emission levels associated with BAT".

125 SEFEL (2005).

126 EIPPCB "Reference document on the application of Best Available Techniques to industrial cooling systems".

127 VROM (2004). "Diffuse Oplosmiddelesissies in Verpakkingdiepdruk en Flexo: Deel 2. Meten en Verminderen".

128 TWG (2005). "Compiled comments of the TWG on STS draft 2, Sept 2005", STS D2 Mastercomments Feb 2006.

130 EGTEI (2005). "Heatset Offset: synopsis sheet".

131 EGTEI (2005). "Flexography and Rotogravure in Packing: Synopsis sheet".

132 EGTEI (2005). "Publication gravure: Synopsis sheet".

133 EGTEI (2005). “Winding wires coating: Synopsis sheet".

134 EGTEI (2005). "Industrial applications of adhesives: Synopsis sheet".

135 EGTEI (2005). "Car coating: Synopsis sheet".

136 EGTEI (2005). "Truck coating: Synopsis sheet".

137 EGTEI (2005). "Truck cabin coating: synopsis sheet".

138 EGTEI (2005). "Bus coating:Synopsis sheet".

139 EC (2001). “Directive 2001/81/EC of the Euopean Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants", OJ, pp. 0022-0030.

140 EGTEI (2005). "Wood coating Synopsis sheet".

140 Tempany, P., I. Jansen, H.Myland (2006). "Winding wires and NOx emissions", personal communication.

141 EGTEI (2005). "Preservation of wood: Synopsis sheet".

142 EGTEI (2005). "Industrial application of paints: Synopsis sheet".

143 EC (2002/4). "The Food Regs."

145 VITO (2004). "Guidance manual air cleaning techniques".

146 CEI-BOIS (2006). "Comments on BAT- Surface treatments using solvents", personal communication.

147 Presti (2005). "Reduction of emissions in the wood and furniture finishing operations: possibilities and difficulties."

148 TWG (2006). "TWG final plenary meeting".

149 UKDEFRA (2004). "Secretary of State´s Guidance for chemical treatment of timber and wood based products", Secretary of State´s Guidance for BATNEEC.

150 UKHSE (2006). "'Blue book' for biocides".

151 EEA (1999). "Wood preservation pesticides".

152 ACEA (2006). "Additional information for information exchange 2006", personal communication.

153 CEFIC (1998). "Responsible Care programme: Health, Safety and Environment Reporting Guidelines, Appendix 8", http://www.cefic.be/activities/hse/rc/guide/11.htm.

154 Tempany, P. (2006). "Surface cleaning".

155 CEPE (2006). "Paint costs", personal communication.

157 ACEA (2005). "Additional information provided in information exchange 2005", personal communication.

159 ACEA (2006). "Additional information provided in the information exchange", personal communication.

160 ESVOCCG (2006). "Cleaning in the STS BREF industries" STS TWG final meeting.

161 EIPPCB (2006). "Draft Reference document on Energy Efficiency Techniques (ENE)".

162 Eurocar (2005). "V Congreso Eurocar" V Congreso Eurocar.

163 EWWG (2005). "Additional data on NOx emissions from winding wire coating", personal communication.

164 Verspoor, P. (2006). "Calculations on venting tanks during delivery", personal communication.

165 ECN (2005). "CO2 price dynamics".

166 AEA and Institute, S. E. (2005). "Damages per tonne of PM2.5, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and the surrounding seas."

167 Verspoor, P. and Sitmae Consultancy, B. (2005). "Solvent based or water borne inks in flexography: A cost comparison".

168 ESIG (2005). "Additional data for the information exchange", personal communication.

169 Lemoine, S. (2006). "POCP data for the STS information exchange", personal communication.

170 Tempany, P. and Lemoine, S. (2006). "POCP: calculations of effective POCP: additional data for the information exchange", personal communication.

171 May, T., Dupont/CEPE (2006). "Coating of plastics: data to support TWG BAT decision", personal communication.

172 May, T., Dupont/CEPE (2006). "POCP: comments on draft BAT", personal communication.

173 Portugal (2006). "Dock discipline: Basic rules for activities performaed in docks and slipways", personal communication.

174 CEPE (2006). "Answers to questions from EIPPCB on coating of ships", personal communication.

175 Kiil, S.; Weinell, C.; Yebra, D. M. and Dam-Johansen, K. (2006/07). "Marine biofouling protection: design of controlled release antifouling paints. In: Ka M.N., Gani, R. and Dam-Johansen, K. Chemical Product Design: Toward a perspective through case studies."

176 Stern, N. (2006). "The Economics of Climate Change", ISBN-13: 9780521700801.

177 Eurostat (2005/6). "Printing Industries: Extract from Eurostat New Chronos detabase Classification of economic activities - NACE Rev.1.1 - DE 22.2", personal communication.

178 Verspoor, P. (2006). "Personal communication", personal communication.

179 France and TWG, S. (2003). "E-coat process data for STM BREF".

180 CzechRepublic (2006). "Description of e-coat process".

181 ACEA (2003). “E-coat data for STM BREF".

182 ADEME (2006). "VOC emission calculations".

183 Verspoor, P. and TWG, S. (2006). “Waste gas treatment options and efficiences".

184 AFERA (2005). "New text for chapter 5".

185 May, T., Dupont/CEPE; CEPE and ACEA (2006). “Improved data for trucks, chapter 7".

186 May, T., Dupont; CEPE and ACEA (2006). "Improved data for buses, chapter 8".

187 EC (1996). "Control of major accident hazards involving dangerous substances (Seveso II Directive)".

188 WHO_IPCS (1996).

189 CEI-BOIS (2006). "Reference data for BAT 'Surface Treatment Using Solvents'", personal communication.

190 Humberstone. S "Personal communication".

191 Senior, P. (2006). "Optimisation of three phase power supply", personal communication.

193 Tempany, P.; Jansen, I. and Myland, H. (2006). "Winding wires and NOx emissions", personal communication.

194 EPER (2001). "European Pollutant Emission Register", http://eper.ec.europa.eu/.

# GLOSSAR

## 1. Allgemeine Begriffe, Abkürzungen. Akronyme und Substanzen/ Stoffe

| englisch | deutsch | Bedeutung |
|---|---|---|
| alphabetisch | | |
| 2K | 2-K | 2-Komponenten, allgemein bei Lacken benutzt |
| A | | |
| AC (e.g. paint) | | Keine Daten übermittelt. |
| acid | Säure | ein Protonendonator, eine Substanz, die Wasserstoff-Ionen in wässriger Lösung freisetzt |
| aerobic | aerob | ein biologischer Prozess, der unter Anwesenheit von Sauerstoff auftritt |
| alkali (base) | Lauge, Base | L. nehmen Protonen auf, eine Substanz, die Hydroxid-Ionen in wässriger Lösung freisetzt t |
| anaerobic | anaerob | ein biologischer Prozess, der unter Abwesenheit von Sauerstoff auftritt |
| AOX | AOX | adsorbierbare organische Kohlenwasserstoffe. Gesamtkonzentration in mg/l, ausgedrückt als Chlor aus allen organischen Kohlenstoffverbindungen (außer Fluor), die in einer Wasserprobe vorhanden sind und an Aktivkohle adsorbiert werden können |
| B | | |
| BAT | BVT | beste verfügbare Technik |
| biodegradable | bioabbaubar | kann physikalisch und/oder chemisch durch Mikroorganismen aufgespalten werden. Viele Chemikalien, Speisereste, Baumwolle, Wolle und Papier sind z.B. bioabbaubar |
| BIW, body in white | Rohkarosse (Karosse in weiß) | Standardbegriff bei der Fahrzeugherstellung bezieht sich auf die bare Metallkarosse eines Fahrzeugs, bevor es entfettet, getaucht und lackiert wird. |
| BOD | BSB | biochemischer (oder biologischer) Sauerstoffbedarf: ein Maß für den Gehalt an organischen Stoffen in Wasser und Abfall. Es ist der Betrag an gelöstem Sauerstoff, der von Mikroorganismen benötigt wird, um die organische Materie zu zersetzen. Die Maßeinheit ist mg $O_2$/l. In Europa wird der BSB normalerweise nach 3 ($BOD_3$), 5 ($BOD_5$) oder 7 ($BOD_7$) Tagen gemessen. |
| b.p. | | Siedepunkt |
| BREF | BVT-Merkblatt | Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken |
| C | | |
| CAD | CAD | computergestütztes Konstruieren |
| CAFE | CAFE | Clean Air For Europe: Programm zur Unterstützung der thematischen Strategie zur Luftreinhaltung der Europäischen Union |
| CBN | | kubisches Bornitrid |
| CEN | CEN | Europäisches Komitee für Normung |
| CMR | CMR | karzinogen, mutagen und reprotoxisch: angewendet für Substanzen, die alle oder einige dieser Eigenschaften aufweisen |
| COD | CSB | chemischer Sauerstoffbedarf: die chemisch absorbierte Menge an Sauerstoff (einer Probe). Die Testbedingungen sind stark oxidierend unter Verwendung von Kaliumdichromat. Es werden faktisch alle organischen Verbindungen oxidiert. Die Maßeinheit ist mg $O_2$/l. |
| containment, contained area | Eingrenzung, Kapselung, abgeschlossener Bereich | (sekundäre) Eingrenzung bezieht sich auf zusätzlichen Schutz von Lagertanks zum vorhandenen Schutz, der durch den Tank/Behälter selbst vorliegt. Es gibt zwei Hauptarten einer sekundären Eingrenzung von Leckagen, zum einen sind sie Teil der Tankkonstruktion, wie Doppelbodentanks (nur für oberirdische Tanks), Doppelhaut- und Doppelwandtanks zum anderen undurchlässige Barrieren, die auf der Oberfläche unterhalb der Tanks platziert sind [91, EIPPCB, 2005] |

| | | |
|---|---|---|
| cross-media effects | medienüber-greifende Effekte | Die Abschätzung von Umweltauswirkungen durch Emissionen auf Wasser/Luft/Boden, den Energieverbrauch, Verbrauch an Rohstoff, Lärm, Wasserentnahme (d.h. alles, was durch die IVU-Richtlinie gefordert wird) |
| CSBR | | carboxiliertes Styrolbutadien-Blockcopolymer |
| CTP | | digitale Druckplattenbelichtung |
| D | | |
| dH | dH | Wasserhärtegrad |
| DIN | DIN | Deutsche Industrie Norm |
| DS | | Trockene Feststoffe (Gehalt): die Masse an Reststoff nach der Trocknung mit der Standardtestmethode |
| DWI | DWI | tiefgezogenes Blech: Herstellungsmethode für Dosen |
| E | | |
| EB | ES | Elektronenstrahl |
| EDTA | EDTA | Ethylendiamintetraazetat |
| EF | EF | Emissionsfaktor |
| effluent | Austritt, Auslauf, Ablauf | Abfluss (Luft oder Wasser zusammen mit Schadstoffen), der eine Emission bildet |
| EFTA | EFTA | Europäische Freihandelsassoziation |
| EGTEI | EGTEI | Siehe Anhang 24.1.1<br>EGTEI Internetseite:<br>http://www.citepa.org/forums/egtei/egtei_index.htm |
| EIPPCB | EIPPCB | Europäisches IVU-Büro |
| ELV | ELV<br>(alt: EGW) | Emissionsgrenzwert: ein Wert, ausgedrückt in bestimmten Parametern, Konzentration und/oder Betrag an Emissionen, der nicht überschritten werden darf während einer oder mehrerer Zeitpunkte/Zeiträume |
| EMAS | EMAS | Umweltmanagement- und Auditierungssystem |
| emission | Emission | direkte oder indirekte Freisetzung von Substanzen, Vibrationen, Wärme oder Lärm aus Punkt- oder diffusen Quellen einer Anlage in die Luft, das Wasser oder den Boden |
| EMS | UMS | Umweltmanagementsystem |
| 'end-of-pipe' technique | End-of-Pipe-Technik | Eine Technik, die die Emissionen oder Verbräuche durch zusätzliche Prozesse reduziert, aber nicht den Grundablauf oder Kernprozess ändert. Synonyme sind: sekundäre Technik, Behandlungstechnik; Antonyme (Gegenteil) sind: prozessintegrierte Technik, Primärtechnik (eine Technik, die auf eine gewisse Art und Weise den Kernprozess ändert und damit die Rohabgase oder den Rohstoffverbrauch mindert |
| environmental footprint | ökologischer Fußabdruck | Ein Maß für die Belastungen oder Auswirkungen eines Produktes, Ablaufes oder einer Anlage auf die Umwelt. Für IVU-Anlagen sind das:<br>• der Verbrauch von Energie, Rohstoff und Wasser<br>• Emissionen in die Luft, Wasser, Grundwasser, den Boden und als Abfall<br>• Schaden an materiellem Eigentum und die Schädigung oder Beeinflussung der Umwelt durch deren Störung einschließlich der gesetzmäßigen Benutzung.<br>IVU schließt die Berücksichtigung von Lärm und Vibrationen ein, Staub und Gerüchen. Es berücksichtigt aber nicht solche Aspekte, wie die Ökobilanz eines Produktes |
| EOE | | easy open ends |
| EP | | elektrostatische Abscheider |
| EPDM | | Ethylenpropylendien-Monomer |
| EQS | UQS | Umweltqualitätsstandard |
| ESIG | | Europäische Lösemittelindustrie Gruppe (European Solvent Indutry Group) |
| ETL | | Elektrobeschichtung, z.B. elektrophoretisches Tauchen und kathodische Tauchlackierung |
| EU | | Europäische Union |

| | | |
|---|---|---|
| **EUA** | | **Emissionshandelszertifikat (European Union Allowance): benutzt für eine Handelseinheit des EU-Emissionshandels für CO2 in €uro pro Tonne CO2** |
| **EVA** | | **Ethylenvenylacetat** |
| **EWP** | | **Umweltarbeitskreis/ Interessengruppe (Environmental Working Party)** |
| **existing installation** | **bestehende Anlage** | **eine Anlage, die in Betrieb ist oder die im Rahmen der vor Beginn der Anwendung dieser Richtlinie bestehenden Rechtsvorschriften zugelassen oder registriert worden oder nach Ansicht der zuständigen Behörde Gegenstand eines vollständigen Genehmigungsantrags gewesen ist, sofern die zuletzt genannte Anlage spätestens ein Jahr nach dem Beginn der Anwendung dieser Richtlinie in Betrieb genommen wird** |
| **F** | | |
| **FID** | **FID** | **Flammenionisationsdetektor** |
| **flat tint** | **Halbtonpunkt** | **Eine Druckfläche, die Halbtonpunkte enthält, die alle von gleicher Größe sind, im Gegensatz zum Halbton oder der Vignette. Flat tints werden normalerweise 'tints' genannt.** |
| **flocculation** | **Flockung** | **Abwasserbehandlung, die gemäßigtes Rühren beinhaltet, wobei kleine Partikel sich zu größeren Partikeln zusammenschließen (Flocken), so dass ihr Gewicht zum Absetzen am Boden des Behandlungstanks führt** |
| **FOGRA** | | |
| **footprint** | **Fußabdruck** | **Umweltauswirkung eines Betriebes, bestimmt durch den Betrag an verbrauchtem Rohstoff und nicht erneuerbaren Ressourcen, die er braucht, um seine Produkte herzustellen sowie die Menge an Abfall und Emissionen, die während des Prozesses erzeugt werden** |
| **fugitive emission** | **diffuse Emissionen** | **in diesem Dokument wird die Definition der Lösemittelrichtlinie verwendet [123, EC, 1999]: alle nicht in Abgasen enthaltenen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen in die Luft, den Boden oder das Wasser sowie Lösemittel, die in einem Produkt enthalten sind (soweit in der EU-Lösemittelrichtlinie nicht anders angegeben). Das schließt ungefasste Emissionen in die äußere Umwelt über Fenster, Türen, Lüftungen und ähnliche Öffnungen ein (im Gegensatz dazu siehe auch Abgas)** |
| **G** | | |
| **GDP** | **BIP** | **Bruttoinlandsprodukt** |
| **GJ** | | **Gigajoule** |
| **GRT** | **BRT** | **Buttoregistertonnen** |
| **GT** | | **Bruttotonne** |
| **H** | | |
| **HBS** | | **hochsiedendes Lösemittel (high boiling solvents)** |
| **HDF** | | **hochfeste Faser (high density fibre)** |
| **HF** | | **Hochfrequenz** |
| **HP** | | **Hochdruck** |
| **HVLP** | | **Niederdruckspritzlackieren** |
| **I** | | |
| **IBC** | | **Großbehälter zum Zwischenlagern (intermediate bulk container)** |
| **IDOP** | | **„integrated downwind ozone production" ein Maß für die Reaktivität eines Lösemittels zur Bildung troposphärischen Ozons** |
| **IEC** | | **Internationale Elektrotechnische Kommission** |
| **IEF** | | **Informationsaustausch (Information Exchange Forum) der EU Kommission mit den Ländern der EU, informelle Konsultationen im Rahmen der IVU-Richtlinie** |
| **immission** | **Immission** | **Auftreten und Menge eines Schadstoffes , Geruchs oder Lärms in der Umwelt** |
| **IMO** | | **Internationale Seefahrtsorganisation** |

| | | |
|---|---|---|
| **installation** | **Anlage** | **Eine ortsfeste technische Einheit, in der eine oder mehrere Tätigkeiten, wie sie in Anhang I beschrieben sind, ausgeführt werden oder jede damit direkt verbundene Tätigkeit, die eine technische Verbindung mit der an diesem Standort durchgeführten Tätigkeit hat und die einen Effekt auf Emissionen oder Umweltverschmutzungen haben kann** |
| **Intergraf EWP** | | **Umweltarbeitskreis der Druckindustrie** |
| **IPA** | | **Isopropylalkohol** |
| **IPPC** | | **Integrierte Verminderung und Vermeidung der Umweltverschmutzung** |
| **IR** | | **infrarot** |
| **J** | | |
| **K** | | |
| **K1<br>K2<br>K3** | | **Ein Indikator für die Entflammbarkeit, der in den Niederlanden und Belgien verwendet wird, in Anlehnung an den Flammpunkt:<br>• K1: <21 °C<br>• K2: 21 – 55 °C<br>• K3: >55 °C** |
| **L** | | |
| **LCA** | | **Ökobilanz** |
| **LCCC** | | **Niedrigkosten-Umwandlungskonzept (low cost conversion concept)** |
| **LEL** | **UEG** | **Untere Explosionsgrenze** |
| **LNG** | | **verflüssigtes Erdgas** |
| **LP** | | **Niederdruck** |
| **LWC** | | **Leichtbeschichtung (low weight coated)** |
| **M** | | |
| **MDF** | | **mitteldichte Faserplatte** |
| **MEK** | | **Methylethylketon** |
| **MF** | | **maschinenbearbeitet/ maschinenlackiert (machine finished)** |
| **MKM** | | **ein Umweltkostenmodell (MilieuKostenModel), siehe Anhang 24.1.2** |
| **monitoring** | **Monitoring<br>Überwachung** | **Prozess zur Bewertung oder Bestimmung der tatsächlichen Werte und der Variationen von Emissionen oder anderer Parameter basierend auf einer systematischen, regelmäßigen oder Puktmessung/Einzelmessung, Überprüfung, Inspektion, Probenahme oder Messung und anderer Bewertungsmethoden, die geeignet sind Informationen über emittierte Mengen und/oder Trends an emittierten Schadstoffen zu liefern** |
| **MS** | | **Mitgliedsstaat der Europäischen Union** |
| **N** | | |
| **n/a** | | **nicht zutreffend oder nicht erhältlich (abhängig vom Kontext)** |
| **NC** | | **Nitrozellulose** |
| **n/d** | | **keine Daten** |
| **NEOE** | | **non easy open ends (bei Büchsen oder Dosen)** |
| **NF** | | **Nanofiltration** |
| **NIR** | | **Infrarot-nah** |
| **NMP** | | **N-Methyl-Pyrrolidone** |
| **NMVOC** | | **Nicht-Methan-VOC (siehe VOC)** |
| **NR** | | **Naturkautschuk** |
| **O** | | |
| **oblongs** | | **aus der Dosenherstellung: bezieht sich auf die Form einer allgemeinen Art von Behälter, bei dem die Boden- und Deckelenden eine rechteckige Form haben mit abgerundeten Ecken (Spezialform der Ellypse)** |
| **ODP** | | **Ozonabbaupotential: ein relativer Wert, der anzeigt, in welchem Maße die Verbindung zum Ozonabbau beiträgt** |
| **OEL** | **MAK** | **maximale Arbeitsplatzkonzentration (Arbeitsplatzgrenzwert)** |
| **OEM** | | **Hersteller von Originalteilen** |
| **OFP** | | **Ozonbildungspotential** |

| | | |
|---|---|---|
| operator | Betreiber | Jede natürliche oder juristische Person, die die Anlage betreibt oder besitzt oder der- sofern in den nationalen Rechtsvorschriften vorgesehen- dem die ausschlaggebende wirtschaftliche Verfügungsmacht über den technischen Betrieb der Anlage übertragen worden ist; |
| OSPAR Convention | OSPAR Konvention | OSPAR Konvention von 1992, sie ist das Instrument zum Schutz der marinen Umwelt des Nordatlantik |
| ozone depletion | Ozonabbau | Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, kann verursacht sein durch photochemische Zerstörung von bestimmten Verbindungen, die Chlor oder Brom enthalten ( z.B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe), die katalytisch Ozonmoleküle zersetzen |
| P | | |
| PA | | Polyamide |
| PAH | | Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe |
| PARCOM | | 1974 Paris Kommission zu an Land liegenden Quellen mariner Verschmutzung. Wurde durch die OSPAR Konvention abgelöst. |
| PBTs | | persistente, bioakkumulierende und toxische Stoffe |
| PCP | | Pentachlorophenol |
| PE | | Polyethylen |
| PET | | Polyethylenterephthalate |
| PI | | prozessintegriert |
| PID | | propotional ersetztes Derivat (proportional integral derivative) |
| POCP | | photochemisches Ozonbildungspotential |
| Pollutant | Schadstoff | einzelne Substanz oder Gruppe von Substanzen, die die Umwelt schädigen oder beeinflussen können |
| $PM_{2.5}$ | | Partikel, mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger oder gleich 2.5 Micrometer |
| POP | | persistente organische Schadstoffe |
| PP | | Polypropylen |
| ppb | | Teil pro Billion |
| ppm | | Teil proMillion (bezogen auf das Gewicht) |
| pre-product | Vorprodukt | Ein Werkstück, welches noch nicht das Endprodukt ist, aber es wird separate behandelt und beschichtet. In diesem Dokument sind das z.B. flache Bleche, die beschichtet und/oder bedruckt werden vor dem Zuschnitt und dem Aufsetzen der Endstücken zur Herstellung einer Dose. |
| primary measure/technique | Primärmaßnahmen/ -techniken | Eine Technik, die auf eine bestimmte Art die betriebweise des Kernprozesses ändert und dadurch die Rohemissionen oder den Verbrauch vermindert (siehe End-of-Pipe-Technik) |
| PS | | Plystyrol |
| PTFE | | Polytetrafluorethylen |
| PU or PUR | | Polyurethane |
| PVA (or PVAC) | | Polyvinylazetat |
| PVB | | Polyvinylbutyrat |
| PVC | | Polyvinylchlorid |
| PVdF (or $PVF_2$) | | Polyvinylidenfluorid |
| PVF | | Polyvinylfluorid |
| Q | | |
| R | | |
| RA | | Verdampfungsrate (rate of evaporation) |
| RAINS | RAINS | Regionales Luftverschmutzungs-Informations- und Simulationssystem für Europa (Regional Air Pollution Information and Simulation for Europe). Siehe Anhang 24.1.1. Wo in diesem Dokument auf RAINS verwiesen wird, bezieht sich das auf die Version CP_CLE_Aug04(Nov04) Zur Übersicht der verwendeten Daten des RAINS-VOC Modells: http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb/ |
| REACH | | Durch die EU vorgeschlagener neuer Rechtsrahmen zur Registrierung, Evaluation und Zulassung von Chemikalien. Siehe: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm |

| | | |
|---|---|---|
| reference conditions | Standard-bedingungen | Standardtext – siehe Kapitel 21 |
| RH | | relative Feuchtigkeit |
| right first time | “gleich richtig” | Eine Technik zur Qualitätsicherung der Produktion”, die zur richtigen Produktqualität nach einer minimalen Anzahl von fertig gestellten Stücken führt |
| ROI | | Rentabilität (return on investment) |
| rto, RTO | RTNV | regenerative thermische Nachverbrennung |
| S | | |
| SB | | lösemittelbasiert |
| SBR | | Butadienstyrolcoplymer |
| SBS | | Styrolbutadiolstyrol (Blockcopolymer) |
| SCR | | selektive katalytische Reduktion |
| secondary measure/technique | Sekundärmaßnahme/ -technik | siehe End-of-Pipe-Technik |
| SED | EU-Lösemittelrichtlinie | Solvent Emissions Directive [123, EC, 1999] |
| SIS | | Styrolisoprenstyrol (Blockcopolymer) |
| SME | KMU | Kleine und mittlere Unternehmen |
| SNCR | | selektive nicht-katalytische Reduktion |
| SOMO 35 | | Statistischer Term: Mittelwert aus mehr als 35 Einzelwerten |
| specific emission | | Emissionen in Bezug auf eine Referenzbasis, wie z.B. Produktionskapazität oder tatsächliche Produktion (z.B. Masse pro Tonne oder pro produzierter Einheit) |
| STP | | Standardtemperatur und -Druck |
| T | | |
| TBT | | Tributylzinn |
| TCF | | völlig chlorfrei (totally chlorine-free) |
| TDS | | vollständig gelöste Fesstoffe (total dissolved solids) |
| TGIC | | Triglycidyl-Isocyanurat: eine mutagene Substanz, die in Pulverbeschichtungen verwendet wird |
| TLV | Schwellenwert | Schwellenwert: Richtlinien (keine Standards) festgelegt durch die American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc (ACGIH) zur Unterstützung von Arbeitsmedizinern beim Festlegen von sicheren Werten gegenüber verschiedenen Gefahren am Arbeitsplatz. Ein TLV® ist der Wert, dem ein Arbeiter ausgesetzt sein kann ohne einem unvernünftigen Krankheitsrisioko oder Verletzungsrisiko ausgesetzt zu sein. TLVs® sind keine quantitative Schätzungen des Risikos bei unterschiedlichen Belastungswerten oder unterschiedlichen Arten der Belastung. |
| TOC | | Gesamtkohlenstoffgehalt (total organic carbon): Test zur Bestim-mung der Menge an organischem Kohlenstoff in einer Probe |
| TPB | | Triphenylboran |
| TPM | | Umfassendes Produktionsmanagement (total production management) |
| TWG | | Technische Arbeitsgruppe (technical working group) |
| U | | |
| UF | | Ultrafiltration |
| UF | | Harnstoff-Formaldehyd (urea formaldehyde) |
| UNO | | Organisation der Vereinte Nationen |
| UP | | ungesättigtes Polyester |
| UV | | ultraviolett |
| V | | |
| VCA | PRM | Pflanzliche Reinigungsmittel (vegetable cleaning agents) |
| VHR | | Dampf- Gefährdungs- Verhältnis (vapour hazard ratio) |
| VOC | | flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds) (siehe NMVOC) |
| vp or VP | | Dampfdruck (vapour pressure) |

| | | |
|---|---|---|
| **W** | | |
| **waste gas** | **Abgas** | **In diesem Dokument wird die Definition der EU-Lösemitelrichtlinie verwendet [123, EC, 1999]: aus einem Schornstein oder einer Vorrichtung zur Emissionsminderung endgültig in die Luft freigeszten Gase, die VOCs oder sonstige Schadstoffe enthalten.** |
| **WFD** | **WRL** | **Wasser- Rahmen-Richtlinie (Water Framework Directive): Richtline 2000/60/EC des Europäischen Parlament und des Rates zur Schaffung eines eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich Wasserpolitik** |
| **WGT** | | **Abgasbehandlung (Waste gas treatment)** |
| **white spirit** | **Testbenzin** | **CAS No: 8052-41-3. Auch bekannt als Mineralölsprit, Naphta mit hohem Flammpunkt, Petroleumdestillatonsfraktion, Stoddard-Lösemittel, Petroleumdestillat. Wird verwendet als Lackverdünner, Entfetter und Reingungsmittel. Es ist eine Mischung von gesättigten Aliphaten und alizyklischen C7 –C12-Kohlenwasserstoffen mit einem Gehalt von 15-20 Gew.% an C7 – C12-Aormaten und einem Siedebereich von 130 – 230 °C. Die C9 – C11 Kohlenwasserstoffe (Aliphaten, Alizyklen und Aromaten) überwiegen stark, insgesamt mehr als 80 % des Gesamtgewichts. Flammpunkt (FP) und Siedepunkt (Siedebeginn, BP) bezogen auf die Klasse:**<br>• **niedrigsiedend: FP 21 - 30 °C, BP 130 - 144 °C**<br>• **normalsiedend: FP 31 - 54 °C, BP 145 - 174 °C**<br>• **hochsiedend: FP =>55 °C, BP 175 - 200 °C**<br>**[188, WHO_IPCS, 1996]** |
| **WHO** | | **Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation)** |
| **WW** | | **Wickeldraht (winding wire)** |
| **WWF** | | **World Wildlife Fund** |
| **WWTP** | | **Abwasserbehandlungsanlage (waste water treatment plant)** |
| **X** | | |
| **Y** | | |
| **Z** | | |

## 2. Common units, measurements and symbols

| TERM | MEANING |
|---|---|
| **atm** | **normal atmosphere (1 atm = 101325 N/m$^2$)** |
| **bar** | **bar (1.013 bar = 1 atm)** |
| **billion** | **thousand million (10$^9$)** |
| **°C** | **degree Celsius** |
| **cm** | **centimetre** |
| **d** | **day** |
| **g** | **gram** |
| **GJ** | **gigajoule** |
| **h** | **hour** |
| **J** | **Joule** |
| **K** | **kelvin (0 °C = 273.15 K)** |
| **kcal** | **kilocalorie (1 kcal = 4.19 kJ)** |
| **kg** | **kilogram (1 kg = 1000 g)** |
| **kJ** | **kilojoule (1 kJ = 0.24 kcal)** |
| **kPa** | **kilopascal** |
| **kt** | **kilotonne** |
| **kWh** | **kilowatt-hour (1 kWh = 3600 kJ = 3.6 MJ)** |
| **l** | **Litre** |
| **m** | **metre** |
| **m$^2$** | **square metre** |
| **m$^3$** | **cubic metre** |

| TERM | MEANING |
|---|---|
| mg | milligram (1 mg = $10^{-3}$ gram) |
| MJ | megajoule (1 MJ = 1000 kJ = $10^{6}$ joule) |
| mm | millimetre (1 mm = $10^{-3}$ m) |
| m/min | metres per minute |
| Mt | megatonne (1 Mt = $10^{6}$ tonne) |
| Mt/yr | megatonnes per year |
| mV | millivolts |
| $MW_e$ | megawatts electric (energy) |
| $MW_{th}$ | megawatts thermal (energy) |
| ng | nanogram (1 ng = $10^{-9}$ gram) |
| $Nm^3$ | normal cubic metre (101.325 kPa, 273 K) |
| Pa | pascal |
| ppb | parts per billion |
| ppm | parts per million (by weight) |
| ppmv | parts per million(by volume) |
| s | second |
| t | metric tonne (1000 kg or $10^{6}$ gram) |
| t/d | tonnes per day |
| trillion | million million ($10^{12}$) |
| t/yr | tonne(s) per year |
| V | volt |
| v/v | volume/volume, usually expressed as a percentage and is the same as vol-% |
| vol-% | percentage by volume (Also % v/v) |
| W | watt (1 W = 1 J/s) |
| w/w | weight/weight, usually expressed as a percentage and is the same as vol-% |
| wt-% | percentage by weight (Also % w/w) |
| yr | year |
| µ | |
| µm | micrometre (1 µm = $10^{-6}$ m) |
| µS | micro siemens |

## 3. List of chemical elements

| NAME | SYMBOL | NAME | SYMBOL |
|---|---|---|---|
| actinium | Ac | mercury | Hg |
| aluminium | Al | molybdenum | Mo |
| americium | Am | neodymium | Nd |
| antimony | Sb | neon | Ne |
| argon | Ar | neptunium | Np |
| arsenic | As | nickel | Ni |
| astatine | At | niobium | Nb |
| barium | Ba | nitrogen | N |
| berkelium | Bk | nobelium | No |
| beryllium | Be | osmium | Os |
| bismuth | Bi | oxygen | O |
| boron | B | palladium | Pd |
| bromine | Br | phosphorous | P |
| cadmium | Cd | platinum | Pt |
| calcium | Ca | plutonium | Pu |
| californium | Cf | polonium | Po |
| carbon | C | potassium | K |
| cerium | Ce | praseodymium | Pr |
| caesium | Cs | promethium | Pm |
| chlorine | Cl | protactinium | Pa |
| chromium | Cr | radium | Ra |
| cobalt | Co | radon | Rn |

| NAME | SYMBOL | NAME | SYMBOL |
|---|---|---|---|
| copper | Cu | rhenium | Re |
| curium | Cm | rhodium | Rh |
| dysprosium | Dy | rubidium | Rb |
| einsteinium | Es | ruthenium | Ru |
| erbium | Er | rutherfordium | Rf |
| europium | Eu | samarium | Sm |
| fermium | Fm | scandium | Sc |
| fluorine | F | selenium | Se |
| francium | Fr | silicon | Si |
| gadolinium | Gd | silver | Ag |
| gallium | Ga | sodium | Na |
| germanium | Ge | strontium | Sr |
| gold | Au | sulphur | S |
| hafnium | Hf | tantalum | Ta |
| helium | He | technetium | Tc |
| holmium | Ho | tellurium | Te |
| hydrogen | H | terbium | Tb |
| indium | In | thallium | Tl |
| iodine | I | thorium | Th |
| iridium | Ir | thulium | Tm |
| iron | Fe | tin | Sn |
| krypton | Kr | titanium | Ti |
| lanthanum | La | tungsten | W |
| lawrencium | Lr | uranium | U |
| lead | Pb | vanadium | V |
| lithium | Li | xenon | Xe |
| lutetium | Lu | ytterbium | Yb |
| magnesium | Mg | yttrium | Y |
| manganese | Mn | zinc | Zn |
| mendlevium | Md | zirconium | Zr |

## 4. SI unit prefixes

| Symbol | Prefix | Term | Number |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Y | yotta | $10^{24}$ | 1 000 000 000 000 000 000 000 000 |
| Z | zeta | $10^{21}$ | 1 000 000 000 000 000 000 000 |
| E | exa | $10^{18}$ | 1 000 000 000 000 000 000 |
| P | peta | $10^{15}$ | 1 000 000 000 000 000 |
| T | tera | $10^{12}$ | 1 000 000 000 000 |
| G | giga | $10^{9}$ | 1 000 000 000 |
| M | mega | $10^{6}$ | 1 000 000 |
| k | kilo | $10^{3}$ | 1000 |
| h | hecto | $10^{2}$ | 100 |
| da | deca | $10^{1}$ | 10 |
| ----- | ----- | 1 unit | 1 |
| d | deci | $10^{-1}$ | 0.1 |
| c | centi | $10^{-2}$ | 0.01 |
| m | milli | $10^{-3}$ | 0. 001 |
| µ | micro | $10^{-6}$ | 0.000 001 |
| n | nano | $10^{-9}$ | 0.000 000 001 |
| p | pico | $10^{-12}$ | 0.000 000 000 001 |
| f | femto | $10^{-15}$ | 0.000 000 000 000 001 |
| a | atto | $10^{-18}$ | 0.000 000 000 000 000 001 |
| z | zepto | $10^{-21}$ | 0.000 000 000 000 000 000 001 |
| y | yocto | $10^{-24}$ | 0.000 000 000 000 000 000 000 001 |

# 24 ANNEXES

## 24.1 Models for estimating cost benefit

### 24.1.1 EGTEI model and synopsis sheets

**Description:** EGTEI aims to assess the costs of emission reduction techniques and to provide input data to determine total costs for a given sector of activity, depending on various emission reduction scenarios based on technology dependent penetration rates. The EGTEI approach is to:

- improve the representation of pollution control technology costs for a given sector
- reduce uncertainties by working together with the relevant industry stakeholders
- check traceability of data used
- ensure compatibility with the Regional Air Pollution Information and Simulation (RAINS) model, and facilitate the understanding of aggregated data used in RAINS.

Within EGTEI, an emission reduction cost database has been worked out. In this database, a series of background documents has been developed for about 50 sector activities laid down and condensed in a computer tool named ECODAT. Each sector is represented by one or more reference installations (according to operational size), characterised with sets of different parameters: capacity, annual operating hours, production process, combustion technology used, fuel consumption, production data, flowrates of emissions, plant lifetime, etc. ECODAT has been designed to collect country specific data.

EGTEI provides default operating costs calculated on the basis of average European parameters, but it gives to national experts the possibility to introduce specific costs for a given country. To ensure transparency, the method used to assess the costs and the various parameters can be found in the background documents.

Sector representation and cost definition have been developed in close co-operation with industry and national experts. In order to facilitate the national experts' work, it has been necessary to find an equilibrium between the most accurate description of a given sector and the need to minimise statistical data to be collected for cost assessment.

**Achieved environmental benefits:** EGTEI data sheets are primarily to assist national experts gather data for VOC emissions for RAINS. However, the synopsis sheets contain helpful information to support the consideration of BAT (see Applicability, below).

**Cross-media effects:** None.

**Operational data:** See individual data sheets for operational data on each industry type.

**Applicability:** EGTEI also provides synopsis sheets. These contain a summary of the industries considered, the reference installations considered, primary (in-process) and secondary (end-of-pipe) abatement measures feasible for each level of reference plant and produce default emission values, abatement efficiencies, investment costs, with variable and fixed operating costs for each combination of options. These are summarised at a European level and may be considered when assessing BAT in the industry.

There are synopsis sheets for all the activities covered by the SED, and therefore this document (see Table 24.1). The project resources necessarily limited the number and complexity of techniques considered, but the main options have been identified. The sheets only cover the cost-effectiveness of measures to control NMVOC emissions.

The synopsis sheets do not take into account any BAT considerations such as cross-media effects, nor technical or other characteristics of individual installations, such as types of products and their technical limitations.

**Economics:** See individual synopsis sheets.

**Driving forces for implementation:** Supplying data for RAINS.

**Example plants:** See synopsis sheets.

**Reference literature:** EGTEI home page: http://www.citepa.org/forums/egtei/egtei_index.htm [132, EGTEI, 2005]

| STS BREF Chapter | Use of paint in the coating of vehicles | URL to related EGTEI synopsis sheets | SED Annex II activity code |
|---|---|---|---|
| 2 | Printing industry | | |
| | Heatset web offset | http://www.citepa.org/forums/egtei/34-Synopsis-sheet-heatset-offset-30-09-05.pdf | 1 |
| | Publication rotogravure | http://www.citepa.org/forums/egtei/35-Synopsis-sheet-publication-gravure-30-09-05.pdf | 2 |
| | Flexography and rotogravure, in packaging | http://www.citepa.org/forums/egtei/36-Synopsis-sheet-packaging-30-09-05.pdf | 3 |
| 3 | Winding wires | http://www.citepa.org/forums/egtei/23-Synopsis-sheet-winding-wire-29-09-05.pdf | 9 |
| 4 | Manufacture of abrasives | See: Other coating industries: | 8 |
| 5 | Manufacture of adhesive tape (EGTEI: Adhesive application in industry) | http://www.citepa.org/forums/egtei/38-Synopsis-sheet-adhesives-30-09-05.pdf | 16 |
| 6 | Coating of cars | http://www.citepa.org/forums/egtei/15-Synopsis-sheet-car-coating-29-09-05.pdf | Annex IIA.II |
| 7 | Coating of trucks and vans | http://www.citepa.org/forums/egtei/20-Synopsis-sheet-truck-coating-29-09-05.pdf | Annex IIA.II |
| 7 | Coating of truck cabs | http://www.citepa.org/forums/egtei/21-Synopsis-sheet-truck-cabin-coating-29-09-05.pdf | Annex IIA.II |
| 8 | Coating of buses | http://www.citepa.org/forums/egtei/22-Synopsis-sheet-bus-coating-29-09-05.pdf | Annex IIA.II |
| 9 | Coating of trains | See: Other coating industries | 8 |
| 10 | Coating of ACE (agricultural, construction and similar equipment) | See: Other coating industries | 8 |
| 11 | Coating of ships and yachts | See: Other coating industries | 8 |
| 12 | Coating of aircraft | See: Other coating industries | 8 |
| 13 | Coating of other metal surfaces | See: Other coating industries | 8 |
| 14 | Coil coating | http://www.citepa.org/forums/egtei/18-Synopsis-sheet-coil-coating-30-09-05.pdf | 7 |

| STS BREF Chapter | Use of paint in the coating of vehicles | URL to related EGTEI synopsis sheets | SED Annex II activity code |
|---|---|---|---|
| 15 | Coating and printing of metal packaging | This industry is not covered by a specific EGTEI synopsis sheet. In part (e.g. rigid metal packaging) addressed in the synopsis sheet 'Other coating industries'. Other parts of the industry are related to flexible packing | 3 and 8 (in part) |
| 16 | Coating of other plastic surfaces | See: Other coating industries | 8 |
| 17 | Coating of wooden surfaces | http://www.citepa.org/forums/egtei/19-Synopsis-sheet-wood-coating-30-09-05.pdf | 10 |
| 18 | Wood preservation | http://www.citepa.org/forums/egtei/40-Synopsis-sheet-preservation-wood-30-09-05.pdf | 12 |
| 19 | Mirrors | See: Other coating industries | 8 |
| General<br>4<br>9<br>10<br><br><br>11<br>12<br>13<br>15<br>16<br>19 | Other coating industries:<br>Abrasives<br>Trains<br>ACE (agricultural, construction and similar equipment)<br>Ships and yachts<br>Aircraft<br>Other metal surfaces<br>Metal packaging (in part)<br>Other plastic surfaces<br>Mirrors | http://www.citepa.org/forums/egtei/24-26-Synopsis-sheet-general%20industrial-paint-30-09-05.pdf | 8 |
| 20.9 | Cleaning techniques (for surface cleaning of products) | http://www.citepa.org/forums/egtei/27-Synopsis-sheet-surface%20cleaning-30-09-05.pdf | 4 & 5 |

**Table 24.1: Table of EGTEI synopsis sheets relevant to this document**

### 24.1.2 Regional environmental costing model (MKM, MilieuKostenModel)

**Description:** In Flanders, Belgium, an environmental costing model (MilieuKostenModel or MKM) has been developed in parallel with the EGTEI work. With this tool, it is possible to obtain an overview of potential abatement measures, their costs and emission reduction potential, and to find cost efficient or least cost solutions.

The interactions and trade-offs for complex situations are taken into account in the MKM by means of mixed integer programming. The model can be used to optimise (e.g. the least cost solution to reduce emissions, or the marginal cost curve for a particular pollutant) and to simulate (e.g. the impact of more stringent environmental objectives on the least cost solution, or what is the impact of the reduction of polluting activities) for one or multiple pollutants at the same time.

A background report describes the definitions used such as environmental costs and cost efficiency, and the methodology to analyse the cost efficiency of abatement measures.

MKM was devised to determine the costs of environmental policy and to contribute to a more efficient environmental policy by indicating how environmental targets can be realised in a cost effective way. The brief was to:

- develop a coherent database with environmental measures, their reduction potential and costs
- develop a tool to allocate emission reduction efforts between different target groups in a cost effective way
- develop a tool to take into account multiple pollutant effects
- develop a tool to analyse the cost effectiveness of policy instruments
- develop an instrument that can be linked to other models such as ecological models, economic models, (e.g. RAINS).

Depending on the data available, emission sources are identified on an aggregated level (e.g. sector or industry level) or individual source level (e.g. individual companies). The format of the database makes it possible to describe emission sources as individual installations or as so-called 'reference installations'. A 'reference installation' is a representative category of installations for which the same emission abatement measures are available and for which a particular abatement measure has similar abatement results and costs. For each pollutant, emissions are linked to an activity that is the source of the pollution, e.g. amount of solvent consumed. Consequently, the MKM can be used to predict emissions based on the evolution of the activities or emission factor. Also, it is possible to compare data with the input of other models, e.g. RAINS, and link the MKM with, e.g. input-output tables or general equilibrium models.

In addition to emission data, energy consumption, operational hours, capacity, etc. can be entered in the database for each (reference) installation.

For each abatement measure, the following information can be entered in the database: investment costs, operational costs, lifetime, capacity, reduction efficiency.

**Achieved environmental benefits:** No data submitted.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** No data submitted.

**Applicability:** The development of the model is focused on one criterion: cost effectiveness. Nevertheless, other criteria can play a significant role in determining the environmental policy such as environmental effectiveness and feasibility. It is important to mention that the environmental costing model (MKM) is not a tool to carry out an investment analysis for a specific company. The model is a tool to support the Flemish Government in estimating the costs of the environmental policy for different target groups. Such information can be used, for example, to allocate emission reduction efforts between target groups.

Measures discussed in this document that were analysed with this model are, e.g. for the coating sector:

- painting techniques, i.e. conventional (see Section 20.7.2.1), high solids (see Section 20.7.2.2), water-based (see Section 20.7.2.3), powder coating (see Section 20.7.2.5) and UV-cured paint (see Section 20.7.2.4)
- waste gas treatment techniques, i.e. adsorption to activated carbon (see Section 20.11.6), thermal oxidation (see Section 20.11.4.2) and biological treatment (biofilters) (see Section 20.12.5).

More measures are described in this document to reduce VOC emissions, but not all can be analysed with this model.

The following industries can be consulted in the database of the MKM: coating, printing, degreasing, adhesives and automobiles. As an example of the output of the tool, the results for the coating sectors are shown in Table 24.2 and Table 24.3.

*Note: these data are supplied from the MKM and the footnotes should be referred to.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:**
The MKM page: http://www.emis.vito.be/index.cfm?PageID=371&T=0&S=0
The background report: (Meynaerts E., Ochelen S., Vercaemst P., Milieukostenmodel voor Vlaanderen – Achtergronddocument, 2003).
[95, Vito, 2005] [128, TWG, 2005]

| Technique | Operational cost of paint in EUR per kg | Energy cost in EUR per hour | Residues in EUR/kg | VOC content of paint (presumed to be wt-%) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Conventional | 3.11 | 6.7 | 0.3 | | |
| High solids | 3.5 | 6.4 | 0.3 | <30 % | |
| Water-based | 8.43 | 7.21 | 0.2 | 7.50 % | |
| Powder coating | 15.39*** | 2.9 | 0 | 0 % | |
| UV paint | 3.78*** | 3.76 | 0 | 3.50 % | |
| | **Investment cost in thousand EUR per 1000 m³/h** | **Activated carbon in EUR per kg** | **Operational cost** | **VOC reduction (%)** | **VOC emission concentration** |
| Activated carbon* | 5 – 10 | 1.2 | EUR 0.5 – 2.30 per m³/h with initial VOC conc. of 1 – 10 g/m³ | 85 % | 5 – 100 mg TOC/m³ |
| Thermal oxidation** | 5 – 40 | | EUR 0.45 – 4.50 per 1000m³/h (extra energy) | 95 – 99 % | <20 – 50 mg TOC/m³ |
| *Reduction option when VOC emissions are between 8 to 20 tonnes a year, 85 % reduction<br>**Reduction option when VOC emissions are >20 tonnes a year, 95 % reduction<br>***Sections 20.7.2.5 and 20.7.2.6 give costs of EUR 30.01 – 5.38/kg for both radiation cured and powder coating paints | | | | | |

**Table 24.2: Average costs and VOC reduction potential of all the measures analysed by the model [95, Vito, 2005]**

| Industry | | Number of employees | Possible in-process measures[1] | | | Possible end-of-pipe measures | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Metal surfaces** | 1 - 19 | 60 % high solid | *40 % water-based* | 50 % powder | | |
| | | 20 - 199 | 80 %high solid | *40 % water-based* | 50 % powder | | |
| | | | 100 % high solid | | 60 % powder | | Incinerator |
| | | | | | | | Incinerator* |
| | | 200 - 499 | 80 % high solid | | 50 % powder | | |
| | | | | | | Activated carbon* | Incinerator |
| | | | | | | | Incinerator* |
| | | 500 - 999 | 80 % high solid | | 50 % powder | Activated carbon* | |
| | | | 80 % high solid | | | | Incinerator |
| | | 1000 - 1000+ | 80 % high solid | | | | |
| | | | 100 % high solid | Water-based | | | |
| | **Metal packaging – barrels** | 20 - 99 | | | | | Incinerator* |
| | | 100 - 199 | | | | | Incinerator* |
| | | 500 - 999 | Optimise cleaning agents | | | | |
| | **Furniture** | 10 - 499 | | | 80 % powder (for those who still use wet coatings) | | |
| | | 5 - 199 | | 60 % water-based | *40 % powder* | Activated carbon* | |
| | **Ships** | 10 - 499 | 60 % high solid | | | | |
| | **Trains** | 10 - 1000+ | 70 % high solid | | *30 % powder* | Activated carbon* | Incinerator* |
| | **Others** | 1 - 49 | 60 % high solid | | 30 % powder | | |
| | | 50 - 99 | | 30 % water-based | 30 % powder | | |
| | | 100 - 199 | 60 % high solid | | 30 % powder | | |
| | | 200 - 499 | No additional measures | | | | |
| | | 500 - 999 | | | | Activated carbon | |

*Continuedin following page*

| Industry | | Number of employees | Possible in-process measures | | | Possible end-of pipe measures | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **WOOD** | **Furniture** | 1 - 9 | 30 % high solid | 30 % water-based | | | |
| | | 10 - 19 | 30 % high solid | 30 % water-based | | | |
| | | 20 - 49 | 30 % high solid | 30 % water-based | UV paint | Activated carbon* | *Biofilter** |
| | | | | water-based | UV paint | | |
| | | 50 - 99 | 30 % high solid | 30 % water-based | 10 % UV | Activated carbon* | *Biofilter** |
| | | 100 - 199 | 30 % high solid | 30 % water-based | 10 % UV | | |
| | | 200 - 499 | 30 % high solid | 30 % water-based | 10 % UV | Activated carbon* | Incinerator* |
| | **Cabinet work** | 1 - 499 | 30 % high solid | 40 % water-based | 10 % UV | | Incinerator |
| | **Others** | 5 - 199 | 30 % high solid | 40 % water-based | 10 % UV | | |
| **PLASTICS** | **Plastic** | 1 - 4 | 50 % high solids | *30 % water-based* | | | Incinerator* |
| | | 5 - 9 | 50 % high solids | | | | Incinerator* |
| | | 10 - 19 | 50 % high solids | | | | Incinerator* |
| | | 50 - 99 | 50 % high solids | *40 % water-based* | | | |
| | | 100 - 199 | | *50 % water-based* | | | |
| | | 200 - 499 | 50 % high solids | *40 % water-based* | | | Incinerator* |
| | | 500 - 999 | 50 % high solids | | UV paint | | Incinerator |

1 The percentages of the possible measures relate to maximum technical uptake, they are not based on cost benefit

*Not enough data were collected on the survey to draw a conclusion. In these cases, a general rule was used: incinerators are technically applicable when VOC emissions are >20 t/yr and adsorption to activated carbon and biofilters are technically applicable when VOC emissions range from 8 - 20 t/yr. However, Section 20.11 of this document shows choice is related to air volume and concentration, not total consumption

Measures in italics were rejected and were not taken up into the model as they have higher costs and lower efficiencies compared to other measures.

**Table 24.3: Possible cost-effective measures for the reduction of VOC emissions per industry [95, Vito, 2005]**

## 24.2 Calculation of VOC emissions and the units used

[182, ADEME, 2006] [110, EC, 1996, 123, EC, 1999] [148, TWG, 2006]

All activities within the scope of this document are regulated by the SED (Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999) and IPPC applies to the larger installations within SED control. The Preface to this document describes the interface between the two directives. In the interests of better regulation and simplification, this document (the STS BREF) uses the determination of VOC emissions and the values used to express them as described in the SED. This is particularly important for the expression of emission values related to BAT. This implies that installations are able to use the SED reduction scheme where the SED gives no total emission limit values for that industry.

There are various industry exceptions to using the SED values, which are explained in the various sections, such as:

- heatset offset printing, where the emission values related to BAT are expressed as wt-% of the ink consumption. This allows the effect of the BAT to be measured, whereas the % solvent input (which the SED uses) does not
- the coating of trains and manufacturing of mirrors, where the information provided and from which BAT were derived, were based on gm VOC/$m^2$ painted
- coil coating and metal packaging, where $m^2$ were identified as appropriate production throughout measures
- wood preservation, where the information provided and from which BAT were derived were based on percentage reduction in VOC emission based on solvent input.

### 24.2.1 Compliance with the Solvent Emissions Directive

The SED regulates the emissions of volatile organic compounds (VOC) due to use of organic solvents in different types of activities and installations.

According to Article 5 of the SED Directive, two different options are offered to demonstrate compliance with the legal requirements:

*'All installations shall comply with:*

*(a) either the emission limit values in waste gases and the fugitive emission values, or the total emission limit values, and other requirements laid down in Annex IIA;*

*or*

*(b) the requirements of the reduction scheme specified in Annex IIB.'*

For either option, there are specific exceptions where the operator must demonstrate that BAT is being used.

#### 24.2.1.1 Emission limit values (ELVs) and fugitive emissions (SED Annex IIA)

Each type of industry must comply with the values given in the tables in Annex IIA. The ELVs are expressed in mg C/$m^3$ at standard conditions, and fugitive emissions as percentage of the solvent input. Total emission values (where given) are expressed as industry-specific terms, such as g VOC/kg of product (for winding wires), g VOC/$m^2$ e-coat surface area for vehicles, etc.

### 24.2.1.2 Emission reduction scheme (SED Annex IIB)

Annex IIB of the SED states:

***'Principles***
*The purpose of the reduction scheme is to allow the operator the possibility to achieve by other means emissions reductions equivalent to those achieved if the emission limit values were applied. To that end an operator may use any reduction scheme, specially designed for his installation, provided that in the end an equivalent emission reduction is achieved…'*

The implementation and validation of an emission reduction scheme therefore ensures that the yearly VOC emission flux will not be higher than the flux achieved by meeting the emission limit values for all waste gases and fugitive emissions. The interest of an emission reduction scheme for operators is to be able to think of their processes as a whole and to have flexibility about their choices for emission reduction. Additional efforts and investments will be made where they are technically and economically most effective. This is consistent with the IPPC Directive, Article 9(4):

*'…. the emission limit values and the equivalent technical parameters and technical requirements referred to in paragraph 3 (permit conditions) shall be based on BAT, without prescribing the use of any technique or specific technology, but take into account the technical characteristics of the installation, its geographical location and the local environmental conditions…'*

Annex IIB to the SED describes a reduction scheme where a constant solid content of product can be assumed for coatings, varnishes, adhesives or inks.

A target emission is calculated on based on the annual solids and the fugitive emissions given in Annex IIA. They are expressed as a percentage of the unabated emissions. In the SED, this unabated emission is called the 'reference emission'. Where no substitution has taken place, the unabated emissions are equal to the solvent input. Where some substitution or other emission controls on fugitive sources have been applied, the unabated emissions need to be estimated. The method in Annex IIB to the SED can generally be used for this purpose. The annual reference emission is calculated as follows (quoted exactly from the SED):

*a) The total mass of solids in the quantity of coating and/or ink, paint or adhesive consumed in a year is determined. Solids are all materials in coating, inks, paints or adhesives that become solid once the water or the volatile organic compounds are evaporated.*
*b) The annual reference emissions are calculated by multiplying the mass determined in (a) by the appropriate factor listed in* Table 24.4*:*

| ***Activity*** | ***Multiplication factor*** |
|---|---|
| *Rotogravure printing; flexography printing; laminating as part of a printing activity; painting as part of a printing activity; wood coating; coating of textiles, fabric film or paper; adhesive coating* | *4* |
| *Coil coating, vehicle refinishing* | *3* |
| *Food contact coating, aerospace coatings* | *2.33* |
| *Other coatings and rotary screen printing* | *1.5* |

**Table 24.4: Factors in SED for determining annual reference emission values**

The target emission can be expressed as wt-% (i.e. % VOC of the solids, more usually as kg VOC/kg solids, as defined in the SED). As the SED allows any equivalent reduction scheme to be used, provided it satisfies the principles outlined in Annex IIB, VOC target emissions may then be expressed as VOC t/yr (for a specific installation of known throughput), kg VOC/$m^2$ coated, kg VOC/production item produced.

For example, regarding the flexo and packaging gravure printing process, the calculation is as follows:

The average solvent content of press ready inks, paints and adhesives in flexo and packaging gravure is approximately 80 %. The solid matter in these products accounts for 20 % of the total weight, and thus ¼ of the solvent weight. The unabated emissions ('reference emission') can be estimated by multiplying the weight of all the solids, of both solvent-based and water-based products, by four.

### 24.2.2 Precision

The Solvent Emissions Directive describes a method, simple at first sight, by which fugitive emissions can be determined in plants where captured solvent vapours are incinerated. The principle of this method is that the amount of solvent sent to the incinerator is subtracted from the total solvent input. The difference between the two quantities must have disappeared; most of it as fugitive emissions.

In practice, this method can suffer from a lack in accuracy. For example, when the method given in the Directive is used, fugitive emissions that are, in reality, amounting to approximately 15 % of the input, can easily be quantified as anything from 0 to over 40 %.

If the difference is calculated between two almost equal numbers such as 'input' and 'captured emissions', then the outcome, which should represent the fugitive emissions, is a relatively small number. The inaccuracy in the resulting small number, however, is equal to the sum of the inaccuracies in the two original, large numbers. Thus, all the inaccuracies in the two original numbers are included in the fugitive emissions.

The main problem lies in the difficulty of quantifying captured emissions. This requires multiplication of the airflow, solvent concentration and time. The airflow and concentration vary over time, and neither can be measured accurately. The error in the result is greater than 20 %.

Options to address the inaccuracies are to determine the fugitive emissions directly (see Annex 24.3) or to derive the unabated emissions from the actual solvent input (see Annex 24.4).

The following example shows how a typical range in concentration and flow can show an 4-fold range in amount of VOC emitted.

Where O1 is the emission in waste gases.

$$O1 = \frac{(\text{concentration c in mg C/Nm}^3) \times (\text{volume v m}^3\text{/hr}) \times (\text{operating hours in time period})}{\text{time period}}$$

For a theoretical installation operating 5760 hours per year (24 hour a day, 5 days a week, 48 weeks a year), with waste gas flows v = 100000 $m^3$/h and the periodic monitoring giving values varying between 5 and 20 mg C/$Nm^3$. The annual emission calculated for each end of the range:

where c = 5 mg C/$Nm^3$, O1 = 2880 kg (2.88 tonnes)

where c = 20 mg C/$Nm^3$, O1 = 11500 kg (11.5 tonnes).

Depending on the type ofn activity and the installation, the variation between the lowest determinand and the highest may be considerable (see the Monitoring REF).

### 24.2.3 Application efficiency of the coating

Calculating VOC emissions according to the reduction scheme described in the SED, Annex IIB does not take into account an improvement in the application efficiency, because the calculation is based on the ratio of VOC to solids: if the quantity of solids is decreased, the ratio kg VOC:kg solids remains the same. This should be considered when setting emission targets and ELVs. Options are to set a total emission per year or per production unit.

For example, in an installation with a paint consumption of 2000 tonnes per year, the corresponding solvent consumption is 1500 tonnes (75% solvent consumption: i.e. a ratio of 3 kg of VOC/kg of solids). The spray guns have an application efficiency of 20%. According to the SED:

> the reference emission target emission = 500 tonnes x 4 = 2000.
> the target emissions = 0.25 x reference emissions = 0.25 x 2000 = 500 tonnes of VOC.

Reductions in emissions can be achieved by one or more of the following:

- installing an end-of pipe technique to reduce VOC emissions to 375 tonnes (where the ratio remains 3 kg of VOC:kg of solids)
- by using water-based (WB) paints (for example, the use of 2000 tonnes of WB paints with a solvent consumption of 18.75% gives VOC emissions of 375 tonnes: the ratio is 0.75 kg of VOC:kg of dry matter)
- by applying solvent based paints (with a ratio of 3 kg of VOC:kg of dry matter) with a much higher efficiency: applying the same solvent based paints with an application efficiency of 80% leads to a paint consumption of 500 tonnes (instead of 2000 tonnes) and thus VOC emissions of 375 tonnes.

## 24.3 Measuring fugitive emissions – direct method

[51, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004] [148, TWG, 2006]

**Step 1: Identify all sources of fugitive emissions within the plant**

All solvent vapours that are not routed to the incinerator escape to the air and contribute to the fugitive emissions. Most industries considered in this document have many sources of fugitive emissions. The following is a case study in some ten flexible packaging plants in Flanders, Belgium, and the Netherlands. However, the principles described in the following steps are readily transferable to other industries. Most plants will have a number of sources and most of these will only result in small or extremely small emissions. In most cases, there are just one to three sources in a plant which make a substantial contribution to the fugitive emissions. More than one emission factor may need to be determined for a source, to improve the accuracy or for convenience.

A flexible packaging plant has many sources of fugitive emissions. The sources identified so far are listed below, although most plants will only have a few of these. In some cases, there may be more sources, or another classification may be more convenient.

Sources of fugitive emissions for flexible packaging are:

- press room ventilation during printing
- drier ventilation during make ready
- drier ventilation while waiting
- local exhaust between press units
- cleaning department
- ink mixing department
- solvent content of water-based inks, paints and adhesives
- solvents used on production machines not connected to the incinerator
- residual solvent in products
- solvent discharged to water
- solvent emissions from waste water treatment plants
- vapour losses from tanks, etc.

Double counting should be avoided. For example, if the ink is mixed next to the press then the evaporated solvent will be removed by the local exhaust between press units and the room ventilation and does not need to be quantified separately.

**Step 2: Study the ventilation system and ensure that it works as expected**

In production areas in particular, the design of the ventilation system determines which fugitive emission sources are present, and how the emitted quantities must be estimated or measured. The ventilation systems does not normally work as assumed in the plant. Either the system was built in a different way than remembered or recorded, and/or the system control settings were completely changed during the course of time. A ventilation system that actually operates as expected is very rare.

Some examples that were actually encountered in practice are:

- the actual duct system was different from the drawing. Fans and ducts had been installed or removed, and the modifications had not been documented accurately
- automatic positive and negative pressure controls did not operate as designed. Printing plants which expected to be working above atmospheric pressure were actually working at subatmospheric pressure, and the other way round

- some components of the ventilation system showed to have more functions than expected. A fan for aqueous paints on one of the printing units was also found to be connected to the local exhaust between the press units
- significant airflows were shown to exist between different parts of the building.

As long as the operation of the ventilation system is not perfectly in order, there is no point in measuring or estimating fugitive emissions that are affected by it. If the settings of the ventilation system need to be adjusted later, the estimation and measurements will be of no use. Hence, the first action should be to assure complete understanding of the ventilation system in the production areas. The ducting and fans need to be compared with the drawings. The maintenance status should be checked. Poor maintenance and cleaning can reduce the airflow by as much as 50 %. It is good practice to correct any substandard maintenance before carrying out any measurements.

When comparing the design with the current system, questions must be asked such as the following:

- have filters and drive belts been replaced according to suppliers maintenance schedules?
- are the fan blades and heat exchangers clean?
- where are the exhausts?
- where are the inlets for fresh air?
- which exhausts are connected to the same duct?
- which fan serves what part of the system?
- when are dampers and valves automatically opened or closed?
- what automatic controls are incorporated?
- what measurements are provided for them?
- what are the theoretical flowrates of the fans?
- how are the control systems supposed to operate?
- what is the difference between summer and winter control modes?

In most cases, there is a clear difference between theory and practice. It has then to be decided what is actually required and the ventilation settings need to be adjusted accordingly. It then has to be verified if the ventilation system actually produces the required results in the different stages of the production process (e.g. make ready, printing, cleaning, etc.). In practice, this may be relatively easy to do. For example, the direction of the airflow through doors, windows and other openings can be easily established using a thin, narrow strip of plastic film. Fugitive emissions can only be determined once the ventilation system is adjusted as required by plant management. Obviously, management will also need to ensure the improved regime is maintained.

**Step 3: Make a substantiated estimate for each source, in the form of an emission factor multiplied by a production parameter**

The emissions of every source with emissions that are not negligible have to be estimated. In this step, the order of magnitude needs to be established. Later it will be decided if the emissions are high enough to warrant additional measurements. Obviously, the estimates should have a secure basis, but at this stage the number of measurements should be minimised. The aim is to only use data already available within the plant, and data which are easily measured. Below are some examples of useful information that is already available in the plant, or which can easily be measured:

- fan capacities, as specified by their manufacturer
- information about occupational exposure to solvents
- measurements of residual solvent in products, carried out for customers
- quantity of bulk solvents, inks, paints and adhesives received
- simple experiments in the ink mixing department

- simple solvent balances for the cleaning department, etc.
- concentration measurements with a PID at local exhausts
- verification of the direction of the pressroom ventilation flow.

The example in Table 24.5 relates to a plant with an annual input of 1000 tonnes of solvent. The example clearly shows how only two out of the eleven sources account for over 70 % of the fugitive emissions.

| Source | Emissions in kg | % of input | % of fugitive |
|---|---|---|---|
| Pressroom ventilation during printing | 9000 | 0.90 | 8.0 |
| Drier ventilation during make ready | 5400 | 0.54 | 4.8 |
| Drier ventilation while waiting | 22500 | 2.25 | 20.0 |
| Local exhaust between press units | 56550 | 5.66 | 50.3 |
| Cleaning department | 8750 | 0.88 | 7.8 |
| Ink mixing department | 7500 | 0.75 | 6.7 |
| Solvent content of water-based inks, etc. | 2500 | 0.25 | 2.2 |
| Residual solvent in products | 200 | 0.02 | 0.2 |
| Solvents discharged in water | - | - | - |
| Solvent emissions from waste water treatment plant | - | - | - |
| Vapour losses from tanks, etc. | 67 | 0.01 | 0.1 |
| **Total** | **112467** | **11.26** | **100.1** |

**Table 24.5: Emissions related to sources from a plant processing 1000 tonnes of solvents**

At this stage, another option would be to reduce the emissions from the major sources or to eliminate them completely before doing any additional measurements. For example, if sufficient incinerator capacity were available, the local exhaust between press units or the exhaust of the cleaning department could be connected to the incinerator. This would eliminate these sources of fugitive emissions completely.

**Step 4: Determine which of the sources need more accuracy**

The estimates made in Step 3 are not particularly accurate. However, they clearly indicate that the magnitude of the fugitive emissions varies greatly between sources. Vapour losses from tanks are very small, while the local exhaust between the press units is particularly important.

Now the accuracy of the calculated total fugitive emission needs to be determined. The emission parameters which need more accuracy, must be selected. This is done by a worst case approach: the maximum possible error for each source is estimated, and the resulting maximum potential fugitive emission from the source in question are calculated. The total of all these maximum potential emissions is the ‘worst case’.

Most emission estimates made in Step 3 were calculated by multiplying two or more fairly inaccurate figures. For example, a theoretical airflow may have been multiplied by an indicative concentration measurement and an estimated number of running hours. In such a case, the inaccuracy in each of the parameters needs to be estimated separately and this information is used to calculate the potential maximum emissions from each source, as if the largest possible potential error did indeed occur. The result is the maximum emissions possible from the source in question.

The maximum emissions possible from all the different sources are then added up to calculate the maximum overall fugitive emissions; as if the initial emission estimates for each and every sources had been too low. This is a very conservative approach. It is equally likely that the emission estimates were not too low, but too high. In that case, the actual fugitive emissions would be lower than the estimates. In reality, errors to both sides will be made and the actual emissions will be closer to the initial estimate than would be assumed on the basis of the calculation of the potential maximum emissions.

The example in Table 24.6 shows the estimation of the maximum error for each source. Note, however, that a large part of the inaccuracy is due to the limited amount of information about ventilation flows and solvent concentrations.

| Source | Fugitive emissions as % of input | Max. error factor | Max. % of input |
|---|---|---|---|
| Pressroom ventilation during printing | 0.90 | 2.25 | 2.03 |
| Drier ventilation during make ready | 0.54 | 1.50 | 0.81 |
| Drier ventilation while waiting | 2.25 | 2.00 | 4.50 |
| Local exhaust between press units | 5.66 | 2.25 | 12.72 |
| Cleaning department | 0.88 | 2.00 | 1.75 |
| Ink mixing department | 0.75 | 1.50 | 1.13 |
| Solvent content of water-based inks, etc. | 0.25 | 1.25 | 0.31 |
| Residual solvent in products | 0.02 | 1.25 | 0.03 |
| Vapour losses from tanks, etc. | 0.01 | 1.00 | 0.01 |
| **Total** | **11.26** | | **23.29** |

**Table 24.6: Example of a possible outcome of the calculation of inaccuracies**

The worst case figures obtained in this way can still easily amount to double the original estimate. Some sources will be so small that they would not affect the outcome, irrespective of how precisely they are measured. In this example these are:

- solvent content of water-based inks, paints and adhesives
- residual solvent in products
- vapour losses from tanks.

There is no point in investigating these sources in any greater detail. Two of the sources on the list are clearly much more important than the others:

- local exhaust between press units
- drier ventilation while waiting.

These sources require further investigation, but together they account for over 70 % of the fugitive emissions.

Note: this is only an example! In practice, different sources may be the ones with high or low emissions.

**Step 5: Improve the inaccurate estimates for large sources**

The scope, depth and detail of the further investigations will depend on the objectives. In most cases, the inaccuracy of only two or three sources will have to be reduced to obtain a significant improvement of the outcome in the worst case approach.

The further investigation needs to be tailored to the specifics of the converting plant. As stated earlier: further investigation is only necessary for sources of fugitive emissions that are both relatively large and uncertain.

This step (Step 5) describes how the inaccuracy of most of the initial estimates can be reduced. In cases where airflow and solvent concentration are being multiplied, an obvious option for improvement of the estimates is to actually measure the concentration. This can be done rather easily by using passive samplers. Where the solvent losses from a source can be determined with scales, the number of weighings could be increased to improve accuracy. As an example, results of the improvement of the accuracy are given in Table 24.7.

| Source | Emissions in kg | % of input | % of fugitive emissions |
|---|---|---|---|
| Pressroom ventilation during printing (positive pressure) | 9000 | 0.90 | 8.0 |
| Cleaning department | 8750 | 0.88 | 7.8 |
| Ink mixing department | 7500 | 0.75 | 6.7 |
| Solvent content of water-based inks, etc. | 2500 | 0.25 | 2.2 |
| Residual solvent in products | 200 | 0.02 | 0.2 |
| Solvents discharged in water | - | - | - |
| Solvent emissions from waste water treatment plant | - | - | - |
| Vapour losses from tanks, etc. | 67 | 0.01 | 0.1 |
| **Subtotal not investigated further** | **28017** | **2.81** | **21.1** |
| Drier ventilation during make ready | 8000 | 0.80 | 6.0 |
| Drier ventilation while waiting | 24750 | 2.48 | 18.6 |
| Local exhaust between press units | 72200 | 7.22 | 54.3 |
| **Subtotal of sources investigated in detail** | **104950** | **10.50** | **78.9** |
| **Total fugitive emissions** | **132967** | **13.31** | **100** |
| **Previous result (before additional investigation)** | **112467** | **11.25** | |
| *Note: Subtotal not investigated further as a percentage of fugitive emissions should be 25 % | | | |

**Table 24.7: An example showing results of the improvement of accuracy**

In this example, the additional investigation has greatly increased the accuracy of three of the eleven sources. The worst case now only differs a few per cent from the actual estimate. As an example, the results of the new estimates of the accuracy are given below.

Example: Increased accuracy as shown in Table 24.8 below.

| Source and notes | Estimated % of input | Factor max. residual error | Max. % of input improved estimate |
|---|---|---|---|
| Drier ventilation during make ready | 0.80 | 1.20 | 0.96 |
| Drier ventilation while waiting | 2.48 | 1.20 | 2.97 |
| Local exhaust between press units | 7.22 | 1.20 | 8.66 |
| Other sources (unchanged) | 2.80 | | 5.24 |
| **Total** | **13.30** | | **17.83** |
| **Previous result** | **11.25** | | **23.28** |

**Table 24.8: An example showing results of the increased accuracy**

Please note that here only the potential errors that result in increased emissions are being calculated. Errors resulting in reduced emissions are, however, equally likely.

If the fugitive emissions have to be determined more accurately still, other emission sources can be considered for further investigation. In this example, the cleaning department and pressroom ventilation are likely candidates. One-third of the remaining difference between the actual estimation and the worst case (4.5 %) in this example is associated with the cleaning department, and one-fifth with the room ventilation.

**Step 6: Establish a record keeping system from which the annual production parameters can be easily derived**

Simplicity starts by choosing the right parameters. Where possible, they should be based on information that is already being collected. However, it should be determined if the figures obtained from other records do in reality accurately reflect the parameter which the emission factor refers to, and caution is needed. Examples of potential discrepancies between the existing records and the required parameters:

- waiting hours and other stops as recorded in the production department may occur both during make ready or during printing. For the calculation of fugitive emissions, however, only the periods in which the printing units contain ink, but are not actually producing, matter
- production hours (as needed to calculate the emissions from the exhausts between the press units) may not, according to production records, include waiting hours and other stops during printing. However, for the calculations, the full period during which the unit contains ink needs to be established
- if some of the ink is not mixed in the ink mixing department but at the press, the resulting solvent losses will go to the press room ventilation and local exhausts. This may lead to double-counting.

**Step 7: Calculate the annual emissions from each source by multiplying the production parameters and related emission factors**

This step does not need further explanation.

**Step 8: Include the results in the annual solvent management plan and compare the fugitive emissions with the limit value**

This step does not need further explanation.

**Step 9: Determine new emission factors if there is a significant change in the range of equipment, operations or ventilation**

New emission factors must be determined if there are significant changes in the plant. A significant change may be a change in the ventilation system of the production areas, purchase of new machines, sale of old machines, a substantial change in the product range, or changes in the operating methods.

Determining the emission factors is not, in practice, a one-off activity. Once the plant becomes accustomed to dealing with fugitive emissions, the awareness of these emissions will also increase. This in turn will lead to improvements in the records, a repeat and recheck of measurements, and a wish to improve the accuracy of less important emission factors. Furthermore, options will be identified to reduce fugitive emissions. This will also lead to new emission factors.

### 24.3.1 Application to the printing sector

**Description:** This method was tested in two Flemish flexible packaging plants, a very large packaging gravure plant and a medium sized flexographic plant. It is based upon direct measurements of the fugitive emissions. The capture efficiency is the percentage of the evaporated solvents that are exhausted with the waste gases. The remainder escapes as fugitive emissions.

**Introduction and terminology of the alternative (direct) method**

Sources of fugitive emissions: Fugitive emissions in a printing plant have many different causes. They arise during printing, cleaning, mixing of inks, transferring of solvents, etc. Each of these activities is a 'source' of fugitive emissions. It is possible to allocate the fugitive emissions in a plant to some 10 or 20 different 'sources'.

Emission factor: The more frequently an activity is undertaken, or the longer it takes, the greater the fugitive emissions will be. Mixing 20 drums of ink will produce twice as many fugitive emissions as mixing 10 drums. Printing for four hours results in greater fugitive emissions than printing for two hours.

An emission factor can be determined for each source. This factor indicates the quantity of fugitive emissions for each time or every hour that the activity is carried out.

Emission factors need to be determined only once. They are specific to a machine and a working method. If neither machine nor working method changes, the emission factor also remains unchanged.

Production parameter: In order to calculate the emission, the emission factor needs to be multiplied with a production parameter. This production parameter is a measure of the activity of the source of fugitive emissions in question. The larger the production parameter, the bigger the fugitive emissions.

Examples: For cleaning operations, the number of times the cleaning unit is used could be employed as the parameter, and for mixing ink the volume of ink that was mixed.

Effective records need to be kept to produce the production parameters.

In short, the method amounts to the following:

- estimate or measure the relevant emission factors and set up a record-keeping system for the annual production parameters. This has to be done only once
- calculations on fugitive emissions have to be carried out each year. This is done by multiplying the production parameters for the year in question by the emission factors.

Obviously, the most difficult step is to determine the emission factors. This is done in two or more stages. The first step is to make a well substantiated estimate. This is done for all the different sources of fugitive emissions. No further action is required for the large number of sources that show very low emissions. The second step is only carried out for a small number of larger sources, where more accurate measurements are taken.

**Accuracy**

The production parameters can be determined accurately. Preferably, these parameters are figures that are already part of the production records, or that have to be collected anyway for other parts of the solvent management plan.

Examples of such parameters are the number of operating hours of production equipment, the number of orders processed on each machine, the volume of ink purchased, and the number of tonnes of ink mixed. The parameters are always measures of the activity: the higher the parameter, the higher the associated fugitive emissions must be.

The emission factors are a measure of the emissions per unit of activity. For example, the loss of solvent per kilo of mixed ink, or the loss of solvent through the local exhaust between the press units per operating hour.

The accuracy level of the emission factors is variable. The more extensive the measurements and the investigation are, the more accurate the factors will be. The different sources of fugitive emissions do not all need the same level of accuracy.

Accuracy can also be increased by using more than one emission factor for an activity. Instead of using one emission factor for all ink mixing operations, one could distinguish between mixing large and small batches of ink, mixing on hot or cold days, and mixing by hand or by machine. In other words, either one or five different factors could be determined. In the latter case the accuracy will be greater.

To determine more than one emission factor per activity or increasing their accuracy will however, also increase the amount of work. It is not productive to spend a lot of time on a minor source which hardly contributes to fugitive emissions. It is, therefore, advisable to start by estimating the order of magnitude of the emissions from each source, and then afterwards determine which of the sources need the most accurate emission factors.

The required accuracy for a source depends on two different issues:

1. the magnitude of the overall fugitive emissions: if the overall fugitive emissions are considerably below the limit value then the potential error is allowed be relatively large.

Example: At a limit value of 20 % (for the SED), an actual emission of between '5 and 10 %' would be acceptable, but an actual emission of between '15 and 30 %' would not be. In the latter case the accuracy needs to be increased.

1. contribution of the source to the overall emissions: if the accuracy of the overall figure has to be improved then one should focus on the sources which are both relatively large and have a low accuracy.

Example: Given a limit value of 20 % and actual emissions of 15 to 30 %, with a contribution from the ink mixing department of 1 to 2 % and a contribution of the local exhaust between press units of 10 to 20 %, it would obviously be beneficial to improve the accuracy of the second source.

**Achieved environmental benefits:** The accuracy in monitoring fugitive emissions is considerably improved. The insight gained on the origin and cause of the fugitive emissions, contributes to the reduction of these emissions.

**Cross-media effects:** No data submitted.

**Operational data:** The method has been tested in flexible packaging printing plants.

**Applicability:** Flexible packaging plants applying a destructive abatement technique.

**Economics:** No data submitted.

**Driving forces for implementation:** No data submitted.

**Example plants:** No data submitted.

**Reference literature:** [76, TWG, 2004]

## 24.4 The common cases for mass balances

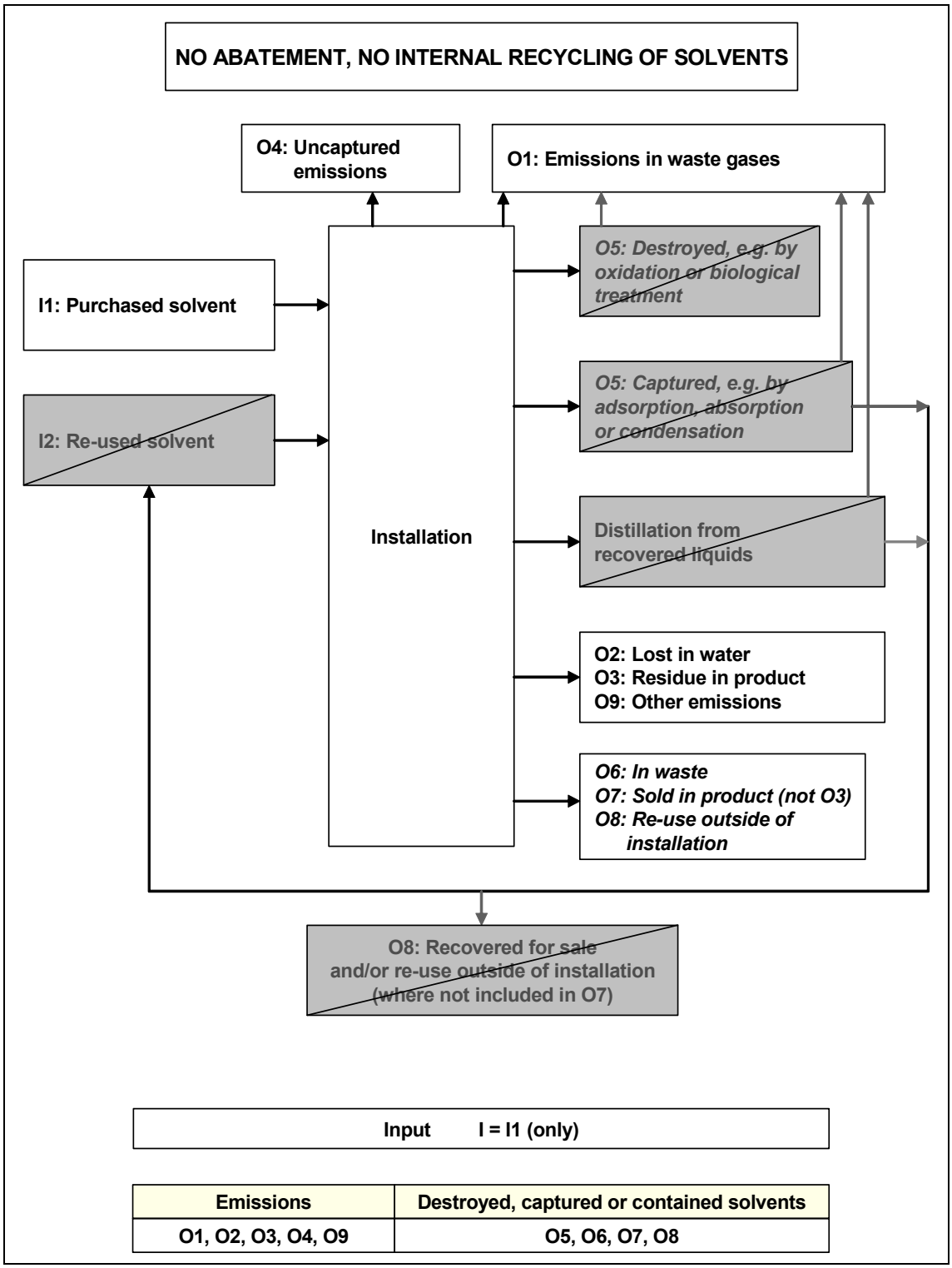


**Figure 24.1: No end-of-pipe abatement, and no internal recycling**

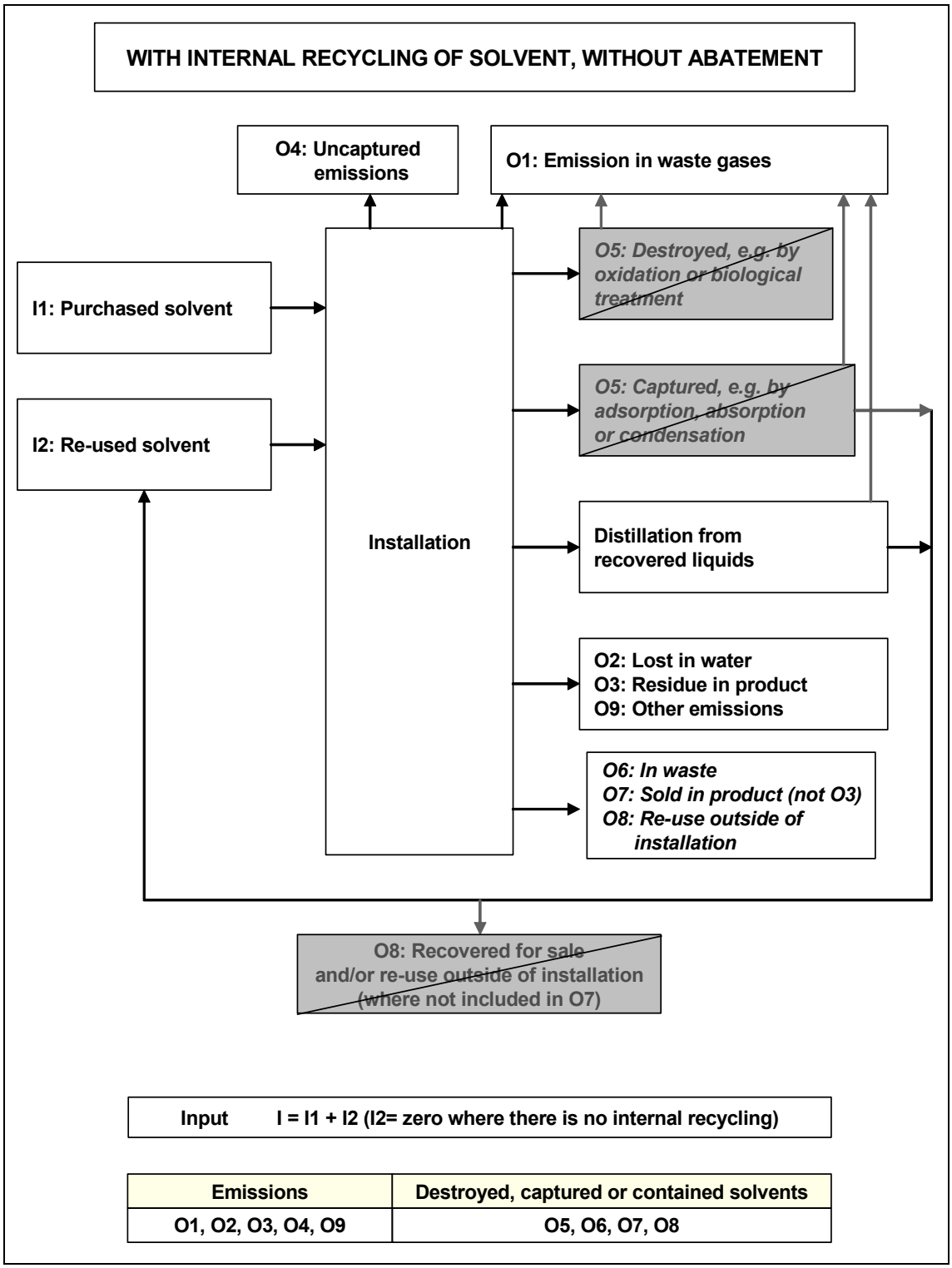


**Figure 24.2: No end-of-pipe abatement, but with internal solvent recovery and re-use**

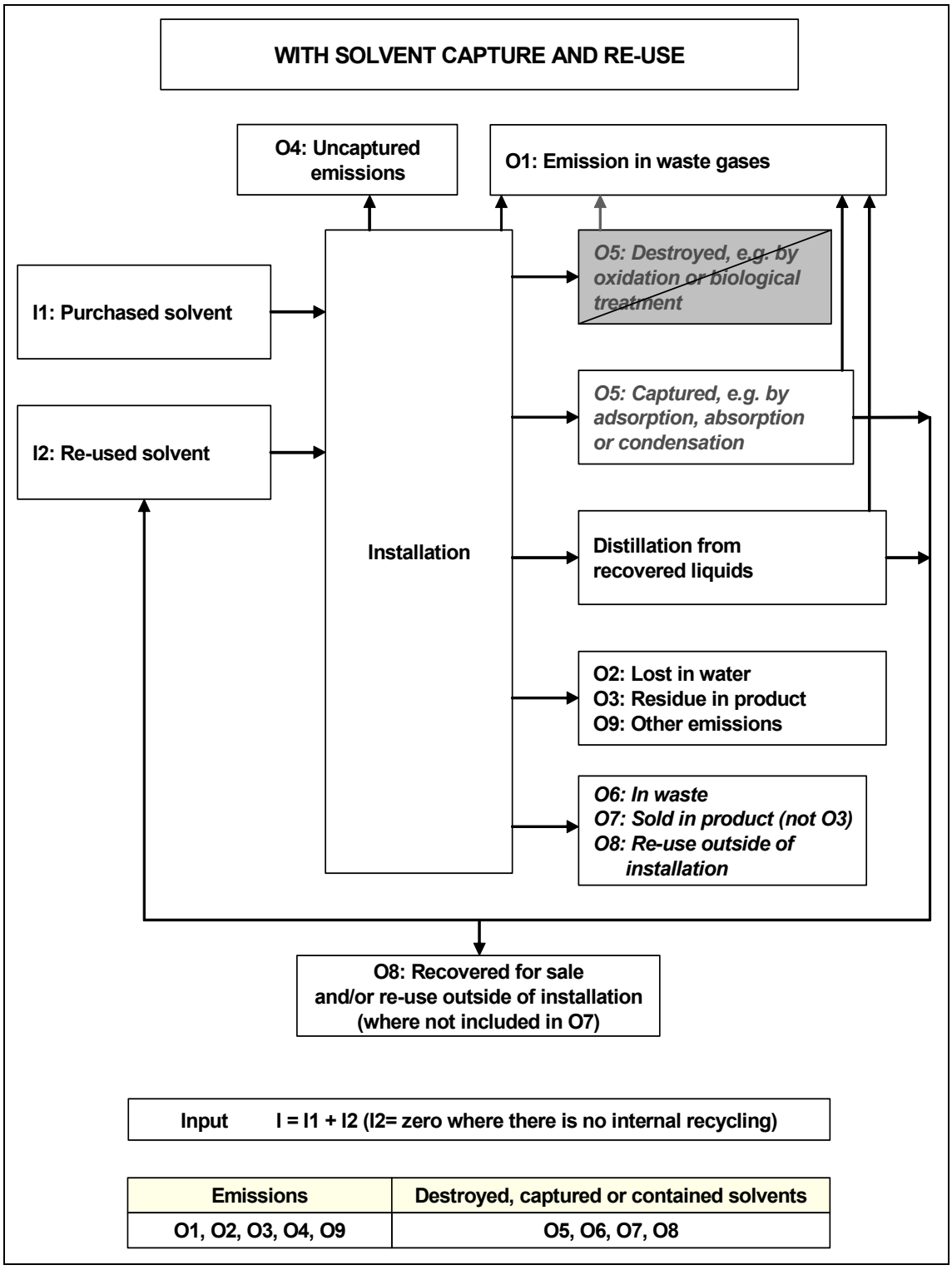


**Figure 24.3: With solvent capture and re-use (internally and externally)**

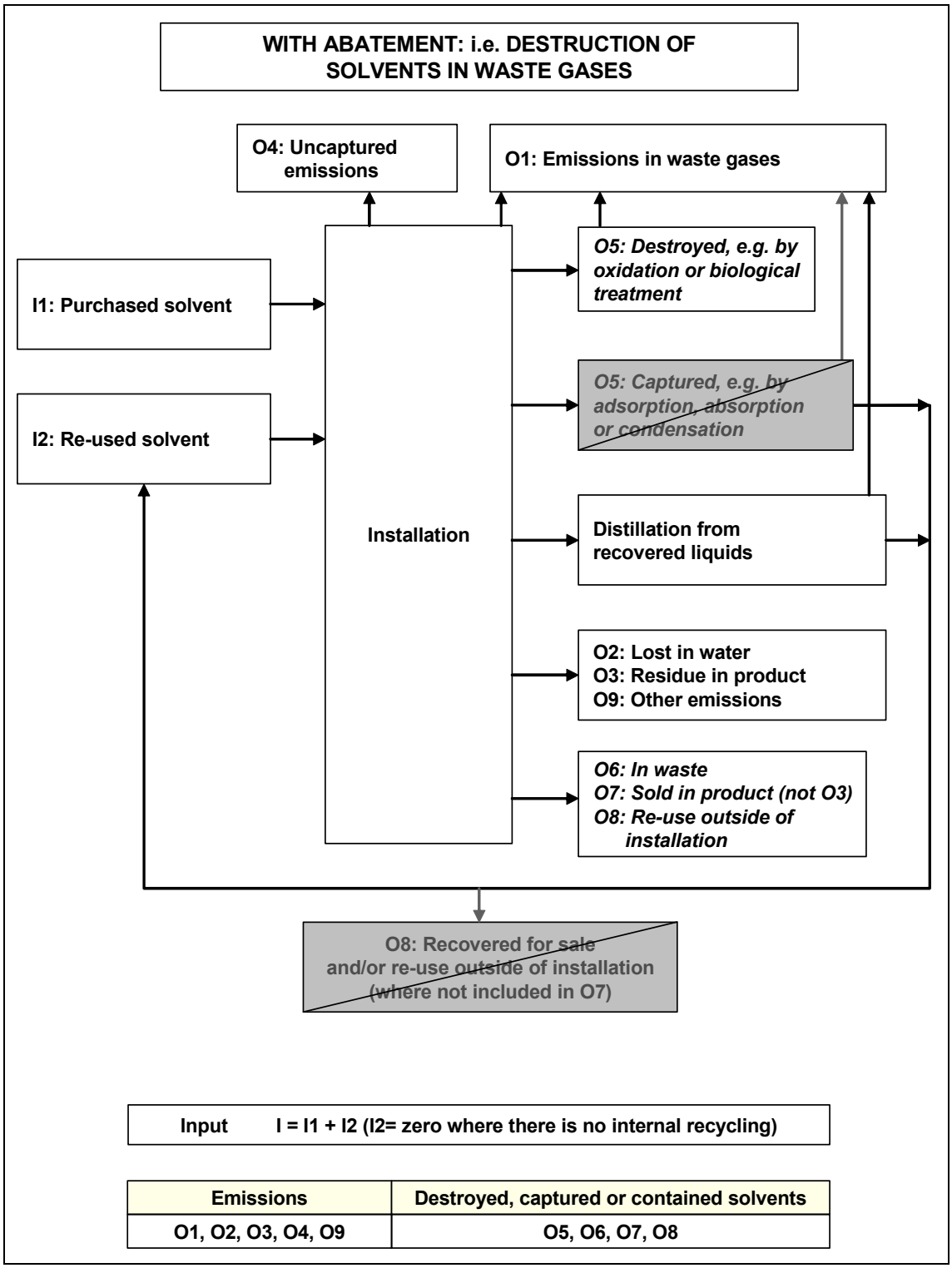


**Figure 24.4: Destructive end-of-pipe abatement**

## 24.5 Determination of VOC emissions from vehicle paint shops

[159, ACEA, 2006]

### 24.5.1 Basic principles/overview

**1.** Limit values of organic substances ($LV_{VOC}$) which are emitted from vehicle paintshops are defined as total emissions of volatile organic compounds – VOC ($M_{VOC}$) of the installation in relation to the surface of the painted vehicles ($A_{veh}$):

$$LV_{VOC} = \frac{m_{VOC}}{A_{veh}} \qquad \left[\frac{\text{g VOC}}{\text{m}^2}\right]$$

Determination of these values means simultaneous determination of the emission mass flow from the paintshop and the surface area of the vehicles to be painted (siehe Abschnitte and 2.2).

**2.** Determination of VOC emissions from paintshops by continuous end-of-pipe measurements is not sufficiently accurate, reliable or robust enough for regular monitoring purposes. It fails to take account of potentially significant fugitive emissions and gives poor cost-benefit considering the high capital and operating costs (see Section 24.5.2.1and 24.5.2.2). The technique is not considered good practice.

**3.** For regular monitoring of VOC emissions, a mass balance method based on the scheme in the Solvent Emission Directive 1999/13/EC (SED) should be used. The required accuracy of the determination of different mass flows (see Figure 24.5 for the explanation of symbols, which equate to the SED scheme) should follow their relative contribution to the overall result (see Section 2.1.2):

- VOC input data (I1) must be determined with highest accuracy. This can be achieved by one of the following:
  - direct metering of the consumption of all compounds containing solvent (paint, thinner,etc.)
  - calculation of solvent input using procurement data bases.

  If internal recycling of solvent is done, I2 must be determined.

- The amount of destroyed VOC (O5) can be calculated from measuring input and output mass flows of the waste gas treatment unit. From these measurements also:
  - the temperature dependency of the combustion efficiency is derived
  - the carryover factor fc is determined. This coefficient describes the amount of VOC released in the spray booth and transferred into the drier oven with its waste gas treatment unit
  - these measurements must be done once for each spray booth or oven waste gas treatment system (WGT). The combustion efficiency and carryover coefficient must be recalculated only when the application process, the cabin design or the waste gas extraction and combustion system is changed.

- Performance of the waste gas unit can be monitored by continuous temperature measurement of the combustion. The efficiency of the WGT can be verified by this measurement.

- For given carryover factors fc the amount of destroyed VOC can be monitored using consumption data of the spray booth:

$$O5 = (I1 + I2) \times f_c - O1.1$$

- All other mass flows are negligible or small. Single measurement or estimation of these values, to be repeated only after process or design change, is sufficient.

Total emissions into air (E) can be calculated using:

$$E = F + O1$$

where fugitive emissions

$$F = I1 + I2 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$
$$E = I1 + I2 - O5 - O6 - O7 - O8$$

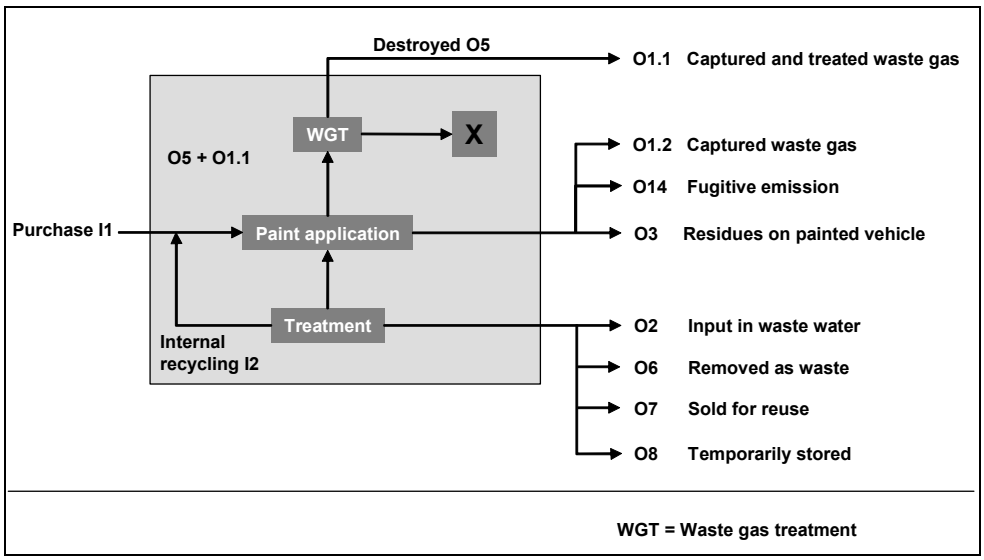


**Figure 24.5: Basic input/output mass flows of solvents in a paint shop**

**4.** The surface area $A_t$ of a body is calculated for each vehicle type t from:

$$A_t = \frac{2 \times m_t}{b_t \times d_t} \quad [m^2]$$

with

$m_t$ = total weight of body in white shell
$b_t$ = average thickness of metal sheet
$d_t$=density of metal sheet

Alternative methods (e.g. using CAD data) are also applicable.

**5.** The total surface $A_{veh}$ area is obtained from the number n of the cars which are transferred from the paintshop to the final assembly. This is in accordance with the 'product' definition in the SED.

$$A_{veh} = \sum_{t=1}^{j} A_t \times n_t \quad [m^2]$$

The number of vehicles needs to be determined for each type t.

**6.** Due to variations of the production process in time and production constraints (colour and vehicle change, cleaning, breaks…) the time scale for monitoring needs to be long enough. Representative values from mass balance calculations can be obtained only from averaging periods of at least one month. In accordance with the SED, Annex III, solvent management plans, limit values for VOC emissions from vehicle paintshops should be annual mean values.

## 24.5.2 Explanation

### 24.5.2.1 Monitoring of VOC emission mass flows

#### 24.5.2.1.1 End-of-pipe measurements

**a. Number and location of test points**

Correct measurements need long undisturbed measuring sections, which are normally available only in high stacks. All other configurations need a net measurement with several test points in the duct cross-section to average flow- and concentration fluctuations.

Measurements of the cabin effluent stream have to be made in each single duct leaving the cabin. In some paintshops more than 50 stacks are used. If central waste gas ducts are used, these ducts have very large diameters and are heavily obstructed by other pipework and appliances. The installation of measuring points at the correct location is difficult or even impossible, especially if it has to be installed in existing paintshops. In nearly all cases, multiple points would have to be installed (see above).

The waste gas of the drier ovens is usually treated by some abatement technique. Emissions from waste gas treatment units (WGT) have to be measured in the hot clean air stream.

Depending on the technical design of the installation, fugitive emissions may be significant and have to assessed to meet the requirements of the SED. By definition, end-of-pipe monitoring does not cover these sources. Direct monitoring of fugitive emissions is not possible or extremely expensive for complex installations such as vehicle manufacture.

***Conclusion:*** *To collect emission data by end-of pipe measurements many test points must be installed. Fugitive emissions cannot realistically be measured directly.*

**b. Measuring principle**

Continuous and discontinuous measurements are usually done by the FID (flame ionisation detection) method. A small volume of the waste gas is continuously supplied to the equipment.

Organic compounds are burned in a hydrogen-air flame. The ionisation of organic compounds occurs, giving an electrical current which is measured and which is proportional to the mass flow of the organic compounds in the sample stream.

The output signal of the detector depends on the chemical nature of the compounds, but also on the geometry of the detector and the conditions under which the burner is operated. Regular calibration of the whole system is necessary. The calibration function constitutes a relation between detector signal strength and concentration of propane in the reference gas. The results are given in ppm or ppb equivalent to $CH_4$.

Due to its principle, the method continuously determines an index value that responds mainly to the number of C-H bonds in the sample gas volume. The response factor is not constant for all organic compounds but is a unique property of each substance. Therefore only after a second calibration which establishes a correlation between the detector signal (shown in ppm $CH_4$) and the concentration of organic compounds in the sample, meaningful concentration values in g VOC/m³ can be given.

The calibration process has to be repeated in regular intervals.

Compounds with lower volatility may condense in the line of sampling or in the systems of the analyser. It is thus necessary to heat the relevant parts of the system to a temperature of at least 150 °C. This precaution is vital for analysing the waste gases of curing ovens.

***Conclusion:*** *The analytical set-up is very demanding and technically difficult for the situations described in Section 24.5.2.1.1(a). Repeated calibration is necessary to adjust the detector signal to the real concentration of VOC in the effluent gas.*

**c. Representativeness of on-line FID systems**

Even though this method can easily be chosen and applied in the case of one organic compound, it becomes extremely difficult and delicate in the case of the car painting processes. Automotive paint systems are very complex formulations with many volatile organic substances. More than 20, very often up to 50 different volatile organic compounds can be found in the effluent air. Moreover, the composition is not constant with time and depends on:

- colour mix in the application cabin (each colour differs in its solvent composition)
- amount of solvent used for cleaning (colour change, etc.)
- kinetics of evaporation from the vehicle surface
- re-evaporation of solvent from water in the venturi scrubber system.

***Conclusion:*** *Practically, it is not possible to calibrate an on-line FID monitoring system in such a way that the detector signal gives real values for the actual VOC concentration*

**d. Cost**

The operating expense for continuous measurements is very high. It would be necessary to equip each exhaust stack with an FID analyser, usually with multiple sampling points and therefore sophisticated sampling control and recording. Due to the dimensions of the paintshop, heated sampling lines of up to 20 m length must be installed for each sample point. Each FID analyser must be fed with hydrogen gas, synthetic air and calibration gas. In addition to the VOC measurement $O_2$ concentration, temperature, humidity and gas velocity must be determined. The equipment also needs daily maintenance to avoid blocking of the air inlet tubes by paint particles. For calibration purposes discontinuous compliance measurements with approved reference methods must be made by verified expert organisations, usually external independent institutions.

***Conclusion:*** *The cost for the monitoring of VOC emissions with the end-of-line method is extremely high.*

**e. General conclusion**

The principal drawback for monitoring of VOC emissions with the end-of-line method is that only the emissions from stacks can be measured. The expense is extremely high for this type of industry. Diffuse emissions cannot be measured directly within reasonable means. This type of emission monitoring should be applied only when special operating conditions of an installation, which cannot be covered by calculations, need to be monitored or if other reasons justify intensive monitoring. In the car painting industry, these conditions do not occur.

#### 24.5.2.1.2 Calculation of solvent mass balances

**Basic principle**
The Solvent Emission Directive 1999/13/EC (SED) prescribes a general method for solvent emission monitoring using a solvent mass balance (solvent management plan). This method can be applied with small adjustments for vehicle paintshops as well.

In Figure 24.5, the general scheme of a solvent mass balance is shown. The numbering of the input and output flows is taken from the SED and extended for the purpose of differentiating between waste gas from paint cabins (O1.2) and curing ovens with waste gas treatment (O1.1).

| No. | Mass flow | Relevance | Comment |
|---|---|---|---|
| **I1** | Input of organic solvents | High | **= 100 % (in general)**<br>VOC in paints, thinners and spray gun rinsing solvents and general purpose cleaning material |
| **I2** | Input of organic solvents from internal recycling | No | **= 0 % (in general)**<br>In some cases solvents are re-used after internal purification.<br>If solvent is recycled by external operators, it should be registered under I1 |
| **O1** | Emissions in waste gases | High | **= 60 – 95 %**<br>Emissions from:<br>• application cabins (**O1.2**) without treatment<br>• residual emissions after waste gas treatment (**O1.1**) (usually waste gas from curing ovens, sometimes from paint cabins) |
| **O2** | Solvents carried out with waste water | Low | **≤ 5 %**<br>Depends on amount of waste water and solubility of VOC in water |
| **O3** | Solvent residues in painted surfaceof vehicles | No | **= 0 %** |
| **O4** | Fugitive emissions | No | **≡ 0 %**<br>Since fugitive emissions cannot be monitored, this mass flow is treated as part of O1.2 |
| **O5** | Solvents which are captured and destroyed in waste gas treatment systems | High | **= 10 – 40 %**<br>Generally thermal incineration of drier oven waste gas, sometimes from cabin waste gas as well. |
| **O6** | Output of solvent as waste | Yes | **= 5 – 10 %**<br>• as mixture of paint and thinner<br>• as residue in paint sludge |
| **O7** | Sold as product | No | **= 0 %** |
| **O8** | Solvents recovered for re-use or temporarily stored | Low | **≈ 0 % (usually)**<br>(Solvents, paints, which are already counted as input but not used during the reporting period) |
| **O9** | Any other output | No | **= 0 %** |

**Table 24.9: Input/output flows in vehicle paintshops (according to SED 1999/13/EC)**

Total emissions into air (E) can be calculated for paintshops using the indirect method of the SED (1999/13/EC)

$$E = F + O1$$

with

$$F = I1 + I2 – O1 – O5 – O6 – O7 – O8 \text{ (fugitive emission)}$$
$$E = I1 + I2 – O5 – O6 – O7 – O8$$

Under normal operating conditions, this equation simplifies to:

$$E = I1 – O5 – O6$$

The advantage of the indirect method is that direct monitoring of O1 (emissions in waste gases) and O4 (fugitive emissions) is not necessary. Since O1 is the largest flow of all output flows, any measurement uncertainties of O1 have a very large impact on the overall monitoring accuracy. Generally, the direct method is only applicable if fugitive emissions (O4) can be definitely excluded.

***Conclusion:*** *The mass balance method is the most appropriate way for monitoring VOC emissions into air. It takes account of any fugitive emissions, as required by the SED. Expensive and unreliable direct end-of-pipe measurements are substituted by a set of measurements and calculations of the residual mass flows. The result is comprehensive, robust, sufficiently precise and is obtained with less expense.*

#### 24.5.2.1.3 Methods for the determination of specific mass flows

**I1 Solvent input**

(a) Direct metering of the consumption of all compounds containing solvent (paint thinner, etc.).

(b) Calculation of solvent input using procurement databases. The amount of rejected material must be identified and considered.

For method (a), control devices to monitor the filling status of the storage tanks must be installed and online data processing of the signals is recommended. Consumption data can be integrated into the existing production management IT systems and are also available for performance optimisation activities. For method (b), data from financial data bases can be used.

In both cases knowledge about the solvent content in the paints and other material is crucial and must be requested from the supplier.

**O2 Solvent carried out with waste water**

Not only paint particles but also volatile organic compounds are dissolved in the water reservoir of the venturi scrubber. Waste water is discharged from this system with solvent concentrations up to the solubility equilibrium. The solvent management plan of the SED 1999/13/EC presumes that this solvent will be completely emitted from the sewerage system or the waste water treatment installation. Since O2 is a rather small mass flow compared to O1 or O5, it is sufficient to treat it as a constant or a function of the waste water volume.

**O5 Solvent captured and destroyed by waste gas treatment**

The mass flow O5 is the residue of the solvent which is emitted from any sort of waste gas treatment into the air (O1.1, VOC in captured and treated waste gas) and the input of solvent within the raw gas flow ($O5_{in}$) into this equipment.

$$O5 = O5_{in} – O1.1$$

Volatile organic compounds in the waste gas flow of waste gas treatment installations (O1.1) can be measured by continuous or discontinuous methods. According to SED 1999/13/EC a limit values of 50 mg $C_{tot}/m^3$ must be regarded for these emissions after air treatment installations[30].

Air treatment systems efficiency is controlled via temperature monitoring. The combustion temperature, which guarantees observance of the limit values under all operational conditions, is determined by calibration measurements.

The mass flow of VOCs from each application zone to the emission abatement equipment is proportional to the solvent consumption of the painting process in the cabin. Therefore (if I2≡ 0)

$$O5_{in} = I1 * f_c$$

The carryover factor $f_c$ describes the ratio of solvent consumption in the application zone to the VOC input into the waste gas treatment equipment of the drier oven. It is constant within the range of solvent consumption for a given paint application process and cabin geometry. This factor should be recalculated only when the application process, material technology or the cabin design (or related extraction system, etc.) is changed.

**O6: Organic solvents disposed of as waste**

The largest mass flow in this category are separately captured solvents from purging and cleaning processes (colour change, purging of the ring pipe system, general cleaning). Monitoring is done by measuring the flow volume in the tank inlets or from extracting data from transport documents. Generally, recovered solvents contain considerable amounts of paint, therefore determination of the VOC concentration may be necessary.

Solvents are also carried out with paint sludge. Concentrations of VOC in paint sludge should be established and verified as necessary.

***Conclusion:*** *Most of the mass flow data that need to be established are constant or depend on material consumption and other easily accessible parameters.*

### 24.5.2.2 Determination of the surface area throughput

#### 24.5.2.2.1 Vehicle surface area

According to SED 99/13/EC, the surface area dealt with is defined as follows: 'the surface area calculated from the total electrophoretic coating area, and the surface area of any parts that might be added in successive phases of the coating process which are coated with the same coatings as those used for the product in question, or the total surface area of the product coated in the installation.'

The surface of the electrophoretic (e-coat) coating area is calculated using the formula:

$$A_t = \frac{2 \times m_t}{b_t \times d_t} \qquad [m^2]$$

with

$m_t$ = total weight of body in white shell
$b_t$ = average thickness of metal sheet
$d_t$ = density of metal sheet

[30] A limit value of 50 mg $C_{tot}/m^3$ corresponds to approximately 70 mg VOC/$m^3$.

This method shall also be applied for other coated parts. Alternative methods (e.g. using CAD data) are also applicable.

The index t indicates that different types of bodies have different surface areas:

$$A_{veh} = \sum_{t=1}^{j} A_t \times n_t \qquad [m^2]$$

***Conclusion:*** *The correct determination of the e-coat area for each car model is very important. The procedure should be documented and operators must be aware that all relevant data might be checked by the competent authority.*

#### 24.5.2.2.2 Number of vehicles per time period

The mass balance method – on which VOC emissions monitoring in the automotive industry is based, according to the Solvent Emission Directive 99/13/CE – requires the calculation of the total area of bodies painted. The number of cars that are taken into account are the number of cars coated in the paintshop and delivered (as 'product' of the paint process) to the final assembly line.

Therefore vehicles that must be painted a second time (re-runs) are not counted twice and the additional solvent emissions caused by the repainting are assigned to the number of the original vehicles. Likewise bodies which are scrapped are not counted.

***Conclusion:*** *Vehicle production data as described above are available from production control systems, therefore no additional expense is incurred by the emission control requirements.*

### 24.5.2.3 Time scale for mass balance representativeness

#### 24.5.2.3.1 Limit values based on small averaging periods

It should be kept in mind that for technical as well as for practical reasons, there is always a time gap between measurement or calculation of solvent emissions and determination of the number of vehicles as a prerequisite for the calculation of the reference surface area. Therefore, a limit value with low averaging time cannot be adequately monitored.

All paintshops are operated with venturi systems to remove paint particles from the effluent air. Solvents are dissolved in the water (especially with waterborne paints) and repeatedly pumped through the system. These dissolved solvents lead to residual VOC emissions even if no vehicle is painted and only the clean air from the cabin conditioning system is blown through the venturi system.

Long periods exist where emissions take place but no or only a limited number of vehicles are painted. This is because of production breaks, periodic cleaning of cabins and application equipment or start of production after weekend time outs. The emission value, defined as ratio of emission to the surface area goes up to high or even infinite values, even if the absolute amount of solvent emissions is rather small.

A definition of the emission limit value as hourly, daily or shift mean would lead to strongly fluctuating values because of these effects. Emission values will very often formally exceed limit values even if the mass flow of solvent in terms of grams is very small (as the $m^2$ value is low or zero). The calculation of solvent emission data in g/m² for time scales smaller than one month would not give representative values.

***Conclusion:*** *Emission limit values, based on short averaging periods cannot be adequately monitored. As the emission values are a ratio of mass flow of VOC to the production rate, large fluctuations may be recorded which do not give meaningful information about the environmental impact.*

#### 24.5.2.3.2 Limit value based on annual mean value

A reference period of one year corresponds very well with the character of this limit value as a parameter which defines the environmental quality of the paint process. In fact, the solvent balance of the Solvent Emissions Directive requires data on an annual mean level. All typical production situations are averaged out and the overall performance of the paintshop is monitored.

There are no toxicological reasons to limit, and therefore monitor, short time fluctuations of the VOC emission.

***Conclusion:*** *The annual mean as the reference period for the emission limit of vehicle paintshops is appropriate.*

## 24.6 Some Solvent Emission Directive limit values

Because of the complexity of the Solvent Emissions Directive [123, EC, 1999], and ascertaining that activities in this Directive apply to industries in this reference document, some data for some of the industries are given below:

**SED Activity 7, Coil coating:**
The SED limit values are:

- reducing VOC emissions to 50 mgC/m³ for waste gas emissions or 150 mgC/m³ where solvents are recovered from waste gases and:
  - for new plants - 5 % for diffuse emissions
  - for existing plants - 10 % for diffuse emissions
- if using the reduction scheme, diminishing the overall emissions:
  - for new plants - to 0.3 kg VOC per kg consumption of non-volatiles
  - for existing plants - to 0.45kg VOC per kg solids.

**SED Activity 8, Other coating including metal, plastic, textile, etc.**
The SED limit values are:

- reducing VOC emissions to 50 mgC/m³ for drying and 75 mgC/m³ for coating application in waste gases and to 20 % of solvent consumption for diffuse emissions, or
- if using the reduction scheme, diminishing the overall emissions to 0.375 kg VOC per kg consumption of non-volatiles.

**Metal packaging (also Activity 8):**
In the SED, two compliance routes are available: emission limit values and solvent reduction schemes. Draw and wall iron cans (DWI) processes are capable of using replacement materials substitution to achieve compliance via solvent reduction schemes [76, TWG, 2004].

The SED limit values are:

- reducing VOC emissions to 50 mgC/m³ for drying and 75 mgC/m³ for coating application in waste gases and to 20 % of solvent consumption for diffuse emissions, or
- if using the reduction scheme,:
  - for non-food applications, diminishing the overall emissions to 0.375 kg VOC per kg consumption of non-volatiles
  - for coatings in contact with food, diminishing the overall emissions to 1.165 kg VOC/kg solids.

**SED Activity 10, Wood coating**
The SED limit values are:

- reducing VOC emissions to 50 mgC/m³ for drying and 75 mgC/m³ for coating application in waste gases and to 20 % of solvent consumption for diffuse emissions, or
- if using the reduction scheme, diminishing the overall emissions to 1.0 kg VOC per kg consumption of non-volatiles.

**SED Activity 12, Wood preservation**
The SED limit values are:

- reducing VOC emissions to 100 mgC/m³ in waste gases (not with creosote) and to 45 % of solvent consumption for diffuse emissions, or
- 11 kg/m$^3$ for total VOC emissions
- if using the reduction scheme, diminishing the overall emissions to 0.75kg VOC per kg consumption of non-volatiles.

## 24.7 Calculation of effective POCP

See Section 20.10.2.

**References:** Swan Eco-label (the Swan Eco label: labelling of car and boat care products, www.Svanen.nu,) [169, Lemoine, 2006] [170, Tempany and Lemoine, 2006].

The POCP concept (or other reactivity scales, such as MIR) is based on the assumption that 100 per cent of the solvent evaporates directly on exposure to air. This does not hold for several chemical substances because the rate of evaporation varies between different substances. In order to be able to assess the ozone creation of the actual quantity that ends up in the atmosphere (within a reasonable time), the POCP of a substance should be weighted against its relative rate of evaporation (RA). RA is based on the substance's vapour pressure and diffusion in air, and is calculated by dividing the rate of evaporation for the substance in question by the rate of evaporation for a reference substance. Butyl acetate is used as the reference substance.

However, the calculation is long and for several substances in a mixture in differing conditions, can be tedious (see calculation, below)

An approximate surrogate is to use vapour pressure multiplied by the POCP (or other reactivity scale). To differentiate from the effective ozone creation potential ($APOCP_e$, see below) call this the POFP, the Photochemical Ozone-Forming Product where OFP is the Photochemical Ozone Forming Potential, usually POCP:

$$POFP = (\text{Vapour pressure}) \times (OFP)$$

and

$$\sum_1^n [POFP_{total}]_{total} = \sum [POFP_{\ 1}]_1 + [POFP\ ]_2 + \ldots.. [POFP\ ]_n$$

where:

$[POFP_1]_1$ is the concentration (or mass or percentage) of Substance 1 with a Photochemical Ozone-Forming Ratio 1 = $\text{Concentration}_1 \times (\text{Vapour pressure})_1 \times (OFP)_1$, etc.
$[POFP_{total}]_{total}$ is the total Photochemical Ozone-Forming Product for n substances in given mixture (or single substance where n = 1)

Where the concentration is expressed as wt-%, $POFP_{total}$ must be multiplied by 100. To arrive at a suitable scale for comparisons, the parameters are best expressed as:

- vapour pressure (VP) in kPa (range approximately 0.001 to 50 kPa). The VPs for more than one solvent should all be expressed at the same temperature
- concentration as a percentage (range 0 – 100)
- if POCP is the unit, use a scale of ethylene = 100, then the range is about 10 to 140.

Examples of calculations:

| Formulation 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *** Xi (%)** | **VP (KPa)**** | **POCP** | **POFP value** |
| Xylene | 40 | 0.87 | 110 | 3828 |
| $POFP_{total}$ | | | | 3828 |
| * (Xi) concentration of the substance in the formulation)<br>** At 20 °C | | | | |

**Table 24.10: Example 1 of an effective POCP calculation**

| Formulation 2 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | * Xi (%) | VP (KPa)** | POCP | POFP value |
| n-butyl acetate | 20 | 1.529 | 27 | 826 |
| Dearomatised white spirit | 20 | 0.46 | 41 | 377 |
| $[POFP_{total}]_{total}$ | | | | 1203 |
| * (Xi) concentration of the substance in the formulation)<br>** At 20 °C | | | | |

**Table 24.11: Example 2 of an effective POCP calculation**

**Calculation of relative rate of evaporation (RA) and $APOCP_e$,**
(from the Swan Eco label: labelling of car and boat care products):

The rate of evaporation (F) of a substance can be calculated according to Fick's 1st law:

$$F = D \times (dC/dZ) \quad (I)$$

where:

- D is the diffusion constant of the substance in air
- dC/dZ is the concentration gradient from an area where the substance exists to free air, and can be calculated using the general gas law as follows:

$$dC/dZ = (P \times Mw)/(RT \times 10^6) \quad (II)$$

where:

- $R = 8.32\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
- T = absolute temperature
- dZ = 1 cm

If the diffusion constant is given in $cm^2\ s^{-1}$, F may be expressed as $g\ cm^{-2}\ s^{-1}$.

$$RA_i = F_i/F_{butyl\ acetate}$$

According to equations I and II, butyl acetate has a rate of evaporation (F) of $4 \times 10^{-6}$ $g\ cm^{-2}\ s^{-1}$ at 20 °C.

| Substance | RA |
|---|---|
| 2-propylene glycol-1-methyl ether | 0.84 |
| Isopropanol | 2.5 |
| Butyl acetate (reference) | 1.0 |

**Table 24.12: Examples of relative rates of evaporation (RA) for a selection of VOCs**

Multiplying the absolute ozone creation potential of a substance by its relative rate of evaporation (RA) produces a measure of the effective ozone creation potential, $APOCP_e$:

$$APOCP_{e,i} = APOCP_i \times RA_i$$

Example calculation. Determination of $APOCP_{e,isopropanol}$ in environment A

$$APOCP_{e,isopropanol} = 0.06 \times 2.5 = 0.15$$

| Substance | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 2-propylene glycol-1-methyl ether | 0.08 | 0.18 | 0.12 | 0.18 | 0.52 |
| Isopropanol | 0.15 | 0.38 | 0.25 | 0.4 | 1.2 |
| VOC reference | 0.11 | 0.27 | 0.17 | 0.27 | 0.84 |

**Table 24.13: Examples of $APOCP_e$ for a selection of VOCs and a reference VOC in the five different environments A, B, C, D and E**

APOCP is the same number as POCP in the previous calculation.

## 24.8 Marginal social costs of climate change

A recent report [116, AEA, et al., 2005] reviews current thinking on the social costs of climate change expressed as EUR/t $CO_2$. A recent review is quoted giving a mean of EUR 25/t $CO_2$ with a 95 %ile of 96/t $CO_2$. Other workers are citing figures in the area EUR <12 to <20/t $CO_2$. The report shows that these figures are based on data for market effects and ignore wider social implications and catastrophic effects from higher climate temperature increases: these are harder to define and agree costs.

Different stabilisation scenarios have differing costs:

- low rate of increase of climate temperature: EUR <15/t $CO_2$
- high rate of increase of climate temperature: EUR 30 – 140/t $CO_2$.

However, the report [116, AEA, et al., 2005] looked at these areas and estimated figures for 2002 of:

- a lower bound of EUR 15/t $CO_2$
- a central illustrative estimate of EUR 20 – 25/t $CO_2$, rising to EUR 30/t $CO_2$ by 2020
- upper central estimate of EUR 80/t $CO_2$.

From these, a central working estimate of EUR 30/t $CO_2$ has been derived for this document, to compare with marginal damages for VOC per tonne emission from the cost benefit assessment for CAFE (see the ECM REF [97, EIPPCB, 2005]).

This is an area of major political interest and continuing development of the economics. For example, see Stern Review of Environmental Economics, [176, Stern, 2006]. From this interest, the tendency may be towards including the wider social implications and catastrophic effects that are associated with climate change, but not with other environmental impacts (such as those associated with VOC, where the marginal social costs fully include key impacts, mainly health). These factors significantly increase the social costs per t $CO_2$.

## 24.9 Removal efficiency of waste gas treatment techniques

[148, TWG, 2006] [183, Verspoor and TWG, 2006]

**End-of-pipe techniques: Descriptions and considerations for applicability**

The descriptions and considerations for applicability below are intended as an overview only. See the relevant sections in Chapter 20 of this document for additional information. The information in this annex on its own cannot serve as the basis for the selection of a suitable abatement technique.

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Thermal oxidation**<br>Waste gases are heated by burning natural gas. There is no attempt at heat recovery for a reduction of energy consumption | The simplest oxidation technique with the lowest capital investment<br>Autothermic operation only at concentration levels over 25% LEL.<br>Lowest electrical energy consumption for the main fan. Highest gas relative consumption.<br>As the simplest technique, has relatively the lowest maintenance and least downtime.<br>Rapid start up (0.5 – 1 h), but requires a stable operating temperature.<br>Non-organic dust needs to be removed (to <3 mg/m³) before the oxidation unit, although this technique is more tolerant of dust than others | For intermittent use (a few days a week; very variable airflows; one shift system, etc.)<br>Where the capital costs are much more relevant than operational costs or in combination with other abatement technologies for multi-purpose units or for air volumes <2000 m³/h<br>For concentration ranges between 5 and 16 g/m³, high inlet temperatures of the waste gas and in situations where gas flow and solvent concentrations are relatively constant.<br>Operation at concentration levels above LEL is also possible |
| **Recuperative oxidation**<br>Similar to thermal oxidation but with a heat exchanger that preheats the incoming waste gases with the heat of the exhaust gases. Reduces gas consumption, but the heat exchanger requires a higher investment | With a heat exchanger of maximum efficiency (about 76 %), autothermic operations are possible at solvent concentrations approaching 10 g/m³ (ethyl acetate or ethanol) or more. Autothermic concentration depends on the caloric value of the solvent.<br>Electrical energy consumption for the main fan is higher than in the case of thermal oxidation. Gas consumption is lower.<br>A simple oxidation technique, but with a relatively high investment due to the large steel content.<br>Almost immediate start up (0.5 – 1 h).<br>Removal efficiency is restricted by the maximum operating temperature which is determined by the mechanical integrity of the heat exchanger.<br>The heat exchanger has a limited lifetime and requires substantial maintenance due to corrosion and thermal stress. Heat exchangers may easily be blocked by accumulation of dust in the tubes, and efficiency will be reduced due to the partial fouling, increasing investment and running costs.<br>However, the technique is more tolerant of dust than others, and there are techniques for clearing blockages (air blow, chain cleaning, ball drop, etc.). | For intermittent use (one or two shift systems), but where the reduction of gas consumption warrants additional capital cost and electrical energy.<br>Where autothermic operation is possible, but excess energy cannot be used in the installation as an alternative for regenerative oxidation |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Catalytic oxidation**<br>Oxidation temperatures are lower, at some 280 – 450 °C (instead of some 800 °C) Often equipped with a heat exchanger. Reduces gas consumption, but catalysts and heat exchangers lead to a higher investment. Catalyst may need maintenance and occasional replacement which add to the operational cost and downtime. | When equipped with an efficient heat exchanger (maximum possible some 87 %), autothermic operations are possible at solvent concentrations of some 5 g/m³ or over (depending on the calorific value of the solvent).<br>The maximum possible temperature of the catalyst limits the inlet concentration to some 8 g/m³<br>Electrical energy consumption for the main fan is higher than in the case of thermal oxidation. With solvent concentrations below 25 % LEL, the gas consumption will be lower than in the case of recuperative oxidation.<br>The catalyst makes this a less simple oxidation technique, but still with a relatively low investment.<br>Almost immediate start up (1 h to preheat the catalyst), but shutting down too frequently may damage the catalyst carrier.<br>Catalyst adds to the need for maintenance and increases downtime.<br>Some solvents or dust particles poison the catalyst and lead to early replacement of the expensive catalyst. Catalyst and carrier need to be adapted to waste gas composition, required temperature and expected removal efficiency. A used catalyst may need to be disposed of as hazardous waste, although the catalyst material can often be recycled.<br>Very sensitive to the presence of dust and droplets in the waste gases. Sensitive to changes in the inlet concentration | Used only where all solvents that are to be oxidised are known not to poison the catalyst and where the inlet temperature is not too high for the catalyst.<br>Where autothermic operation is possible, but excess energy cannot be used in the installation as an alternative for regenerative oxidation. |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Regenerative oxidation: 2 beds**<br>The oxidising chamber is situated between two ceramic beds. The waste gas passes through one bed before entering the oxidising chamber and leaves through the other. The direction of waste gas flow is alternated every 1 to 5 minutes. One bed preheats the waste gases; the other accumulates the heat from the exhaust.<br>During the changeover solvent-laden waste gases are emitted for a few seconds.<br>Reduces fuel consumption drastically. Increases the need for electrical energy due to the higher air resistance in the ceramic beds | With a high heat exchanger efficiency (maximum possible 96 %), autothermic operations are possible from solvent concentrations of 2 g/m³ and over (depending on the calorific value of the solvent, e.g. ethyl acetate 2.2 g/m³). Preheating after periods of standstill may, however, account for considerable gas consumption.<br>Electrical energy consumption for the main fan is higher than in the case of other oxidisers because of the high pressure drop in the ceramic beds.<br>Where the solvent concentration in waste gases is higher than the autothermic concentration, excess heat is produced. This may be recovered.<br>Where excess heat is not permanently recovered and the concentrations are variable, the efficiency of the heat exchanger may need to be reduced to prevent overheating of the ceramic beds when high concentrations occur. This leads to a higher autothermic concentration and the need for adding natural gas in periods of low solvent concentrations.<br>The complicated sensors and large valves necessary to repeatedly change the direction of the airflow mean complex equipment and the need for skilled personnel.<br>Higher maintenance costs and more downtime than other oxidation techniques. Every one or two years there is a need for 2 to 3 days downtime for maintenance.<br>Needs preheating before start up since the ceramic beds cool down during standstill. (After 36 hours of standstill, 1 to 2 hours are needed for preheating)<br>Removal efficiency is a few per cent lower than that of the 3 bed system (see below) due to emissions during changeover of the direction of the waste gas stream.<br>Where EoP emission limits expressed in mgC/m³ averaged over a short period of time apply, the emissions during changeover of the direction of the waste gas stream may lead to an average outlet concentration that exceeds the limit values if the inlet concentration is higher than about 3g/m³.<br>The regenerator blocks rapidly with dust. It is possible to run with some low dust concentrations, but the regenerative beds need a different structure (structured packing (honeycomb instead of saddles) with different cost and efficiency | Specifically suitable in continuous or near continuous operations where most of the time the solvent concentrations in the waste gases are over the autothermic concentration and the solvent concentrations do not vary significantly |
| **Regenerative oxidation: 3 beds**<br>In principle the same as the 2 bed system. The third bed serves to avoid the emission of solvent laden air during the change of the direction of the waste gas flow | (Relative to the 2 bed system).<br>Investment some 25 % higher than a 2 bed system.<br>Lower emissions.<br>Higher preheating cost.<br>Some 10 % higher electricity consumption due to larger fan for purging purposes<br>Removal efficiency a few per cent higher than that of the 2 bed system due to the prevention of emissions during changeover of the direction of the waste gas stream.<br>Online burnout possible for removing sticky particles | (Relative to the 2 bed system)<br>Most suitable for concentrations from 1 – 12g/m³. especially if there is a variation in the concentration over the production time.<br>Most suitable in large continuous operations with solvent concentrations in waste gases well above autothermic concentration. Where the resulting emission reduction warrants the additional investment and operational cost |
| **Other oxidation techniques**<br>(Not included in calculations of removal efficiency) | | |
| **Process heater**<br>The waste gases to be treated are sent to an existing heater (e.g. boiler) as combustion air and complementary fuel | A suitable heater must be available and must be operating and able to receive all the waste gases at times when they are produced | |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Flameless oxidiser**<br>Packed bed oxidiser in which the front of combustion is kept at a predetermined position in the ceramic packing | Intermediate system between thermal and regenerative oxidiser. Low fuel requirements when idle. Combustion temperature relatively low (800 – 850 ºC). Sensitive to the presence of dust | |
| **One bed regenerative oxidisers**<br>Direction of the waste gas flow alternates over one bed instead of two or three | Generally low capacity systems | |
| **Adsorption (to a solid)** | | |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Regenerative carbon adsorption**<br>The low temperature waste gases are led through a bed of activated carbon. The solvent adsorbs to the activated carbon. When the carbon is saturated the waste gas flow is switched to a second carbon bed. The saturated bed is desorbed through heating. The heat releases the solvents form the carbon in such a high concentration that it allows condensation of these solvents | Desorption must be done in an atmosphere with little or no oxygen. Steam, nitrogen or oxygen-free hot air may be used.<br>After condensation of the solvent, complex techniques may be necessary to make the recovered solvents ready for re-use. These techniques depend on the solvent recovered.<br>Some examples: In the case of toluene and xylene, desorption is done with steam and simple condensation will suffice. In the case of ethyl acetate, desorption is done with nitrogen. Dewatering with molecular sieves and several subsequent distillation steps are necessary to remove side products and secondary solvents such as acetic acid, traces of ethanol and low volatility solvents.<br>Since the adsorption characteristics of solvents differ enormously, the size of the adsorbers (and therefore not only the investment but also the energy and inert gas consumption) is very much determined by the kind of solvent. (Examples: Toluene and xylene need relatively 'small' adsorbers. Ethanol needs a 25 % larger adsorber than ethyl acetate)<br>Some solvents may react with the activated carbon and cause fire. MEK is one of these, but techniques exist to prevent these reactions and recover MEK safely.<br>Some low volatility solvents may adhere to the activated carbon permanently and quickly reduce the adsorption capacity with early replacement of the activated carbon as a result.<br>Activated carbon also adsorbs water effectively. Waste gas streams with a high moisture content are therefore not suitable.<br>Investment and operational cost are considerably higher than in the case of oxidation. This is more evident where the solvent loads are below 1000 tonnes per year.<br>Alternatives with moving carbon beds exist, but are not commonly used.<br>Electrical energy consumption for the main fan is higher than in the case of oxidisers because of the higher resistance of the beds of activated carbon. High displacement with low airspeeds necessary to prevent blowing out of the activated carbon.<br>The complex equipment requires specifically trained technical personnel.<br>Very reliable operations and very little downtime are the norm.<br>The high cost in comparison to oxidation and with the low market value of recovered solvents necessitates the re-use of the solvents in the same installation in order to make solvent recovery a viable option. Breakeven point between oxidation and recovery evidently depends on the price of the solvent recovered and the techniques necessary. For toluene and xylene, recovery may be cheaper than oxidation starting at a solvent consumption of 100 t/yr. For ethyl acetate, MEK and ethanol, breakeven with oxidation was calculated to be possible starting at approximately 500 to 1000 tonnes per year.<br>Does not work with high inorganic dust concentrations | Only to be considered when the recovered solvent can be re-used in the installation or be sold against the market value of 'fresh' solvents. (The sale of recovered solvent brings no more than 50 % of its original price).<br>Where several hundred tonnes of toluene or xylene are used as the only solvent this technique can always be seriously considered.<br>With other solvents higher annual quantities are necessary to make this a viable option.<br>Especially where there are mixtures of several different solvents, numerous complications may need to be solved before this technique can be used successfully. However, technical solutions exist for most of these practical problems. The end result may be too complicated and expensive |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Polymer adsorption**<br>The low temperature waste gases are lead through a moving bed of grains of a special polymer. The solvent adsorbs to the polymer. The saturated polymer is desorbed through heating. The heat releases the solvents from the polymer in such a high concentration that it allows condensation of these solvents | Desorption is done with hot air. The concentrations are above the higher explosion limit in order to prevent accidents.<br>After condensation of the solvent, complex techniques may be necessary to make the recovered solvents ready for re-use. These techniques depend on the solvent recovered. Since the adsorption characteristics of solvents differ enormously, the amount of polymer necessary is very much determined by the kind of solvent. Since the polymer is the most costly part of the equipment (10 to 20 times the cost of activated carbon). this technique is known to be suitable for only very few solvents.<br>Since the polymers do not adsorb water, the system can be used for waste gases with high moisture content. Also no dehydration of the recovered solvent is necessary.<br>The equipment is very simple. High displacement fans with low airspeeds are necessary to prevent blowing out the polymer.<br>Very reliable operations and very little downtime are possible<br>Does not work with high inorganic dust concentrations | No examples of successful application in industries in the scope of this document are known |
| **Other adsorption techniques**<br>(Not included in calculations of removal efficiency) | | |
| **Oil scrubbing**<br>VOC removal efficiency generally relatively low. Mainly used for abating emissions of inorganics or odours | | |
| **Coolsorption**<br>Scrubbing with a refrigerated absorbent. Combines absorption with condensation | | |
| **Water scrubbing**<br>Several types exist. Waste gases are led through a curtain of water or water mist. Particularly suited for the removal of droplets and dust. Waste water treatment is necessary | | Water soluble VOCs |
| **Condensation** | | |
| **Condensation at ambient temperature, no inert gas drier**<br>(Not included in calculations of removal efficiency)<br>Waste gases are cooled down to a temperature above freezing point. Low volatility solvents condense. High volatility solvents, however,are not condensed effectively | The equipment is very simple and not expensive.<br>No information about operating costs | No examples of successful application in industries in the scope of this document are known |

| End-of-pipe technique and description | Conditions for applicability | Applicable: |
|---|---|---|
| **Condensation with inert gas drier**<br>In an enclosed drying system containing an inert gas (mostly nitrogen) the solvent concentration is allowed to rise to several hundred grams per m³. The inert gas is led through a condenser where a part of the solvents are condensed at approximately room temperature. The inert gas with a reduced solvent content is returned to the drier. The condenser is often cooled with the liquid nitrogen that is also needed for topping up the drier system | The driers are obviously more expensive than traditional driers. The operational costs depend to a large extent on the amount of nitrogen used. Nitrogen is used mainly when the drier needs to be opened, for instance in the case of job changes.<br>Where mixtures of solvent are used,. complex techniques may be necessary to make the recovered solvents ready for re-use.<br>Since the drier needs to be as closed as possible,. the technique can only be used for drying thin even substrates that can be led through the drier without serious leaks at the entry and exit | The technique is only applicable where there is no need to open the drier for several days in a row |
| **Other condensation techniques**<br>(Not included in calculations of removal efficiency) | | |
| **Refrigerated condensation:** The waste gas is cooled to a temperature below 0 °C. Icing occurs and regular de-icing is necessary. For that purpose there are usually two condensers. A condensation step above 0 ºC upstream reduces the water content of the waste gas. | The running costs are high and increase if a lower condensation temperature is necessary | Mostly for the recycling of higher cost solvents. Low airflows with high concentrations |
| **Cryogenic condensation:** Condensation at very low temperature usually with liquid nitrogen | | Mostly for the recycling of higher cost solvents. Low airflows with high concentrations |
| **Biological** | | |
| **Biological treatment**<br>(Not included in calculations of removal efficiency)<br>The waste gas is blown through a bed of organic material in which the VOCs are adsorbed and destroyed (metabolised) by bacteria | The equipment is simple and not expensive, but needs a lot of space in the case of large airflow.<br>Bacteria are easily killed by changing the composition of the waste gas or by lack of feed in the holiday season. This affects the filter efficiency.<br>No information about operating cost | Waste gas stream with low concentration. Biodegradable and preferably water soluble components. Odour problems |

**Table 24.14: Waste gas abatement techniques**

**Removal efficiencies**
Table 24.16 and Table 24.17 below give the removal efficiency of oxidation techniques and solvent recovery with activated carbon. For other techniques, insufficient data were available to produce similar tables.

Removal efficiency depends on:

- the carbon content of the solvent molecule
- the average inlet concentration
- the average outlet concentration
- operating temperature (see technical note below).

The shaded bands in the tables give the range of removal efficiency that can be expected from either oxidation or solvent recovery.

The lower parts of the band correspond to the lower inlet concentrations.

The attainable solvent concentrations in the waste gases for solvent recovery are somewhat higher than in the case of oxidation. The removal efficiencies are therefore somewhat lower.

**The effectiveness of the oxidation**
The effectiveness of the oxidation of VOC is dependent on three parameters:

a) Turbulence: A complete movement and mixture of the waste gases in the burner chamber.
b) Time: Minimum residence time of the waste gases in the burner chamber (typically 1 second).
c) Temperature: The burner chamber operating temperature (typically in the range of 720 to 850 °C).

Points (a) and (b) are design parameters set by the manufacturer. Point (c) (temperature of the burner) is the only parameter available for adjustment by the operator. It must be noted, however, that high energy demands and increased $NO_X$ levels will result from elevated running temperatures when attempting to increase VOC removal efficiency.

**Inorganic dust**
The techniques are sensitive to inorganic dust to varying degrees. Some are very sensitive, others less so, or they can be adapted. Inorganic dust is likely to affect the efficiency of the technique and/or gas throughput (higher airflow resistance) and the amount of maintenance required. Adapting to waste gases with inorganic dusts can therefore have an impact on capital and running costs.

**Calculations**
The removal efficiency equals 100 % minus the percentage of remaining carbon after the abatement equipment. The percentage of carbon remaining is calculated by dividing the 24 hour average outlet concentration by the 24 hour average inlet concentration. For this calculation, the inlet concentration is expressed in g/m³ solvent, multiplied with the percentage carbon content of the solvent. The outlet concentration is expressed in mg carbon per m³.

The 24 hour average outlet concentrations are based on experience in installations that today are subject to EoP emission limit values. It must be noted that, in order to be certain of compliance, the actual 24 hour average outlet concentrations are always lower than these EoP emission limit values.

It must also be noted that the actual EoP concentration may vary widely over the day, depending on the production circumstances in the installation.

**Carbon content**
The carbon content of a solvent can be determined on the basis of a chemical formula. For reasons of simplicity, four categories are given in Table 24.15 for use in Table 24.16 and Table 24.17.

| Solvent group | Average carbon content (%) | Chemical groups of solvents |
|---|---|---|
| Group 1 | 55.0 % | Alcohols, glycol ethers, glycol, ether esters |
| Group 2 | 65.0 % | Esters, ethers, ketones |
| Group 3 | 85 % | Hydrocarbons |
| Group 4. Exceptionally low carbon content compared to other chemicals in their group | 37.5 % | Methanol |
| | 48.6 % | Methyl acetate |

**Table 24.15: Chemical groups of common solvents and their carbon content**

**Removal efficiency and BAT**
Table 24.16 and Table 24.17 provide information about the range of removal efficiencies associated with oxidation and solvent recovery (activated carbon adsorption). These tables do NOT imply that compliance with every single value in the ranges can be considered BAT.

The emission ranges attainable by the application of BAT are given in the industry specific parts of Chapter 21 in this document. These emission ranges associated with BAT always apply to the total of both end-of-pipe emissions and fugitive emissions.

Where the emission range associated with BAT is, for instance, 10 % of solvent consumption, and the fugitive emissions account for 5 % of solvent consumption, the removal efficiency of the abatement equipment must be over 95 %.

The abatement equipment must obviously be chosen in such a way that it will reduce emissions sufficiently to attain the emission range associated with BAT and still leave room for unavoidable fugitive emissions.

**Removal efficiency and end-of-pipe emission limit values**
The Solvent Emissions Directive and similar national legislation may prescribe end-of-pipe (EoP) emission limit values. These values may be different for different industries. Attainment of the lower parts of the removal efficiencies ranges given in Table 24.16 and Table 24.17 may not lead to compliance with these emission limit values (ELVs). Indeed compliance with some especially low emission limit values may require removal efficiencies higher than the highest value given in the tables. This may, for instance, be the case where solvents are used such as mentioned in Art 5.6 of the Solvent Emissions Directive (carcinogens, mutagens or toxic to reproduction).

| Oxidation | Removal efficiency | 75.0 % | 80.0 % | 85.0 % | 90.0 % | 92.5 % | 95.0 % | 97.5 % | 99.0 % | 99.5 % | 99.9 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Group 1 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Oxidation** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Group 2 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Oxidation** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Group 3 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Oxidation** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Methanol | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Oxidation** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Methyl acetate | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |

**Table 24.16: Removal efficiency of oxidation techniques**

| Activated carbon recovery | Removal efficiency | 75.0 % | 80.0 % | 85.0 % | 90.0 % | 92.5 % | 95.0 % | 97.5 % | 99.0 % | 99.5 % | 99.9 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Group 1 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Activated carbon recovery** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Group 2 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Activated carbon recovery** | **Removal efficiency** | **75.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Group 3 solvents | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Activated carbon recovery** | **Removal efficiency** | **60.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Methanol | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |
| **Activated carbon recovery** | **Removal efficiency** | **60.0 %** | **80.0 %** | **85.0 %** | **90.0 %** | **92.5 %** | **95.0 %** | **97.5 %** | **99.0 %** | **99.5 %** | **99.9 %** |
| Methyl acetate | 0.5 - 1.0 g solvent/m³ | | | | | | | | | | |
| Inlet concentration | 1.0 - 2.0 | | | | | | | | | | |
| | 2.0 - 6.0 | | | | | | | | | | |
| | 6.0 - 12.0 | | | | | | | | | | |

**Table 24.17: Removal efficiency solvent recovery for activated carbon**