

Eigenforschungsvorhaben des Umweltbundesamtes  
- Luftreinhaltung -

Forschungsbericht 500 44 301

**Die Lösemittelverordnung**  
**Einführung und Vorschläge zur Umsetzung**  
**in die Praxis**

von

Ute Hackmack  
Birgit Mahrwald

Umweltbundesamt Berlin  
FG III 2.4

Februar 2002

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	5
2	Hintergrund .....	6
2.1	Ozonproblematik.....	6
2.2	Internationale Übereinkommen /EG-Richtlinien.....	6
2.3	Die Lösemittelverordnung .....	7
2.3.1	Einbettung in nationale Gesetzgebung.....	8
2.3.2	Aufbau.....	9
3	Anlagen im Geltungsbereich der Verordnung .....	10
3.1	Schwellenwert.....	11
3.2	Anzeigepflicht.....	12
3.3	Allgemeine Anforderungen .....	14
3.4	Spezielle Anforderungen .....	16
3.5	Übergangsregelungen.....	16
3.6	Erstmaliger Nachweis .....	17
3.7	Prüfschemata zu einigen Anlagenarten.....	19
4	Reduzierungsplan.....	27
4.1	Beliebiger Reduzierungsplan.....	28
4.2	Spezifischer Reduzierungsplan.....	28
4.2.1	Ermittlung der Feststoffmenge.....	30
4.2.2	Berechnung der Bezugsemission .....	31
4.2.3	Berechnung der Zielemission.....	32
4.3	Vereinfachter“ Reduzierungsplan.....	33
5	Die Lösemittelbilanz .....	36
5.1	Definitionen Input / Output.....	37
5.1.1	Input (Lösemittelleinsatz) .....	39
5.1.2	Output (Lösemittelausträge).....	41
5.2	Bestimmung des Lösemittelverbrauchs (LV) .....	44
5.3	Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte .....	45
5.3.1	Bestimmung der diffusen Emissionen (F) .....	45
5.3.2	Bestimmung der Gesamtemissionen.....	47
5.4	Einhaltung des spezifischen Reduzierungsplans .....	49
5.5	Hinweise zur Ermittlung der Lösemittelstoffströme .....	51

5.5.1	Anwendung der mittelbaren Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen .....	51
5.5.2	Qualitative Ermittlung der Stoffströme.....	52
5.5.3	Relevanz der Stoffströme .....	55
5.5.4	Zusammenfassung .....	59
5.6	Datenerhebung und -erfassung .....	59
5.6.1	Input.....	62
5.6.2	Output.....	64
5.6.3	Lösemittel- und Feststoffgehalt.....	70
6	Fallbeispiele .....	71
6.1	Tätigkeit Nr. 1.1 – Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren.....	71
6.2	Tätigkeit Nr. 1.3 - Sonstige Drucktätigkeiten.....	74
6.3	Tätigkeit Nr. 2.1 - Oberflächenreinigung .....	81
6.4	Tätigkeit Nr. 3.1 - Textilreinigung.....	83
6.5	Tätigkeit Nr. 8.1 – Sonstige Beschichtung .....	86
6.5.1	Erzeugnisse des Landmaschinenbaus .....	86
6.5.2	Erzeugnisse des allgemeinen Maschinenbaus.....	89
6.6	Tätigkeit Nr. 9 - Beschichten von Holz .....	92
6.6.1	Fensterherstellung .....	92
6.6.2	Möbelhersteller (Lösemittelverbrauch 5-15 t/a) .....	94
6.6.3	Holzbeschichtung (Lösemittelverbrauch > 15 t/a).....	96
6.7	Tätigkeit Nr. 15 - Herstellung von Schuhen .....	97
7	Vorhandene Leitfäden und EDV-Anwendungen.....	99
7.1	Studien und Leitfäden .....	99
7.1.1	Forschungsberichte über Emissionsminderungspotentiale.....	99
7.1.2	Leitfäden.....	99
7.1.2.1	Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan für Druckereien.....	99
7.1.2.2	Minderung der VOC-Emission in Schreinereien .....	100
7.1.2.3	Holz lösemittelarm lackieren.....	101
7.1.2.4	Wasserlacke in der Kfz-Reparaturlackierung .....	101
7.2	EDV-Anwendung/ Internet.....	102
7.2.1	Wissensspeicher/Internetportal UBA.....	102
7.2.2	Umsetzungshilfe für die Druckindustrie .....	102
7.2.3	Anwendungen aus diesem Bericht .....	103

8 Zusammenfassung..... 104

## 1 Einleitung

Am 25. August 2001 ist die „Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel - 31. BImSchV“ im Rahmen einer Artikelverordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz als Artikel 1“ in Kraft getreten. Diese 31. BImSchV, die auch als Lösemittelverordnung bezeichnet wird, stellt die Umsetzung der entsprechenden europäischen Richtlinie (Richtlinie EG/13/99 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen) in deutsches Recht dar und übernimmt im wesentlichen deren Systematik.

Die Lösemittelverordnung regelt die Anforderungen an 19 verschiedene industrielle Tätigkeitsbereiche; sie richtet sich in erster Linie an die Anlagenbetreiber. Bereits während der Arbeiten zur Umsetzung in deutsches Recht hat sich gezeigt, dass mit Inkrafttreten dieser Lösemittelverordnung ein erheblicher Informationsbedarf bei allen Beteiligten, also bei Anlagenbetreibern, Vollzugsbehörden und auch bei Anlagenherstellern entstehen wird, der entsprechend bedient werden sollte.

Eine Vielzahl von kleinen, nicht genehmigungsbedürftigen Betrieben fallen in den Geltungsbereich der Verordnung. Sie müssen bei der zuständigen Behörde erstmalig angezeigt werden. Die Betreiber haben jährlich Lösemittelbilanzen und, wenn erforderlich, Reduzierungspläne zu erstellen. Diese Lösemittelbilanzen und Reduzierungspläne sind völlig neue Instrumente im deutschen Immissionsschutzrecht. Die hierfür notwendigen Informationen liegen gar nicht, unvollständig oder sehr ungenau vor, und vor allem fehlt es an Kenntnissen und Erfahrungen über die Handhabung dieser Instrumente. Die zum Teil sehr komplexen Fragen, die mit der Erstellung von Lösemittelbilanzen und Reduzierungsplänen verbunden sind, sollen deshalb praxisnah sowohl für die Betriebe als auch für die Überwachungsbehörden beantwortet und damit auch die Voraussetzung für einen möglichst einheitlichen Vollzug geschaffen werden.

## 2 Hintergrund

### 2.1 Ozonproblematik

Ozon spielt in der Erdatmosphäre eine Doppelrolle. In den oberen Luftschichten, der Stratosphäre (oberhalb etwa 10 km) hat Ozon die lebenswichtige Funktion eines Filters gegen die schädliche ultraviolette Komponente der Sonnenstrahlung. In Bodennähe (Troposphäre) hat Ozon in höheren Konzentrationen im wesentlichen vier schädliche Eigenschaften:

Es

- ist gesundheitsgefährdend für Menschen,
- schädigt den Pflanzenwuchs,
- trägt zum Treibhauseffekt bei und
- bewirkt als eines der stärksten Oxidationsmittel die Oxidation vieler Metalle bereits bei Zimmertemperatur und ist in der Lage zahlreiche organische Verbindungen wie Gummi, Textilien, Leder oder Anstriche zu zerstören.

Es bildet sich in Bodennähe unter Einfluss von intensiver Sonnenstrahlung aus von Menschen verursachten Vorläuferstoffen, nämlich den Stickstoffoxiden  $\text{NO}_x$  (hauptsächlich aus dem Straßenverkehr) und den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds; hauptsächlich aus der Lösemittelanwendung).

Sowohl die flüchtigen organischen Verbindungen als auch die Stickstoffoxide zählen zu den grenzüberschreitenden Luftschadstoffen, die ihre Wirkung nicht nur am Entstehungsort entfalten, sondern sich großräumig verteilen und auch in Nachbarstaaten zu Ozonbelastungen führen. Deshalb sind zur Lösung des Ozonproblems sowohl nationale als auch internationale Maßnahmen erforderlich.

### 2.2 Internationale Übereinkommen /EG-Richtlinien

In Göteborg wurde im Dezember 1999 von über 30 ECE-Mitgliedstaaten ein **UN ECE-Protokoll** [1] unterzeichnet, das neben der Bekämpfung von Versauerung und Eutrophierung auch die Verminderung von bodennahem Ozon zum Ziel hat. Zentrale Regelung ist die Festlegung von nationalen Emissionsobergrenzen für jeden Staat. Deutschland hat für VOC eine Emissionsreduzierung von 69 % bis zum Jahr 2010 gegenüber 1990 zugesagt.

In der EU wurde von der EU-Kommission im Sommer 1999 parallel zur Initiative der ECE-Staaten der Entwurf für eine **Richtlinie über nationale Emissionsobergrenzen**<sup>1</sup> vorgelegt. Dabei wird davon ausgegangen, dass langfristig die Vorläuferstoffe VOC und NO<sub>x</sub> um 70 bis 80 % gegenüber 1990 in ganz Mitteleuropa vermindert werden müssen, um die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum Schutz der menschlichen Gesundheit empfohlene Ozonkonzentration von 120 µg/m<sup>3</sup> (8-Std-Mittel) dauerhaft unterschreiten zu können.

Die **EG-Lösemittelrichtlinie** (1999/13/EG) [2] ist ein wichtiger Teilschritt zur Verminderung der Vorläufersubstanz **VOC**, die mit mehr als 50 % aus der Lösemittelverwendung stammt. Die europäische Diskussion zu dieser Richtlinie begann bereits 1990. Im Gegensatz zum UN ECE Protokoll und zur NEC-Richtlinie, die beide einen wirkungsbezogenen Ansatz verfolgen und damit den einzelnen EG-Staaten nur einen bestimmten nach oben begrenzten Emissionsbeitrag der Vorläuferstoffe gestatten, stellt die EG-Lösemittelrichtlinie direkte Anforderungen an die einzelnen Anlagen der industriellen Lösemittelanwendung. Ziel ist es, die von einer Anlage ausgehenden Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen zu vermindern und die möglichen Risiken für die menschliche Gesundheit zu verringern. Europaweit soll in diesem Bereich eine Verminderung der VOC-Emissionen um 50 % gegenüber 1990 erreicht werden.

### 2.3 Die Lösemittelverordnung

In Deutschland wurde die EG-Lösemittelrichtlinie mit der „Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen“ [3] in nationales Recht umgesetzt. Sie ist am 25. August 2001 in Kraft getreten und im Internet auf der Internetseite des Bundesumweltministeriums ([www.bmu.de](http://www.bmu.de)) zu finden.

Diese Verordnung besteht aus fünf Artikeln. Der **Artikel 1** beinhaltet die „Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – 31. BImSchV“ [4]. Hier werden entsprechend der EG-Lösemittelrichtlinie verschiedene Tätigkeitsbereiche, vom Drucken über die Oberflächenbehandlung, die Chemischreinigung, die Beschichtung und Lackierung von Oberflächen, die Herstellung von Farben, Lacken, Klebstoffen und Arzneimitteln bis zur Kautschukumwandlung und Extraktion geregelt. Wenn Anlagen in diesen Bereichen einen für die einzelnen Tätig-

---

<sup>1</sup> Die NEC-Richtlinie legt nationale Emissionsobergrenzen (NEC) für SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC und NH<sub>3</sub> fest, die ab 2010 eingehalten werden müssen.

keiten festgelegten Schwellenwert überschreiten, unterliegen sie dieser Verordnung. Die Betreiber müssen dann Maßnahmen zur Verminderung von VOC-Emissionen treffen. Die Verordnung ermöglicht grundsätzlich zwei Wege, die Verminderung der Emissionen zu erreichen, entweder

- durch die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für Abgase und für diffuse Emissionen oder durch die Einhaltung von Gesamtemissionsgrenzwerten oder
- durch die Anwendung und Einhaltung eines Reduzierungsplanes.

Durch die Möglichkeit, alternativ einen Reduzierungsplan anwenden zu können, sollen Primärmaßnahmen, wie Einsatz von lösemittelarmen oder -freien Einsatzstoffen, gefördert werden.

Strengere Anforderungen stellt die Verordnung bei der Freisetzung von besonders gesundheitsschädigenden flüchtigen organischen Verbindungen, die

- krebserregende, erbgutverändernde oder fruchtschädigende Wirkungen haben,
- im Verdacht stehen, irreversible Schäden, z.B. Krebs zu erzeugen oder
- der Klasse I der Nr. 3.1.7 TA Luft 1986 [5] zugeordnet sind.

Im **Artikel 2** ist die novellierte 2. BImSchV enthalten. Mit der Novellierung wurden die europäischen Vorgaben an die in dieser Verordnung geregelten Anlagen<sup>1</sup> umgesetzt.

Ziel der in Artikel 1 und 2 enthaltenen Verordnungen ist es, die VOC-Emissionen, die aus der industriellen Lösemittelanwendung stammen, in den nächsten sechs Jahren um weitere 20 % zu reduzieren.

Im folgenden wird ausschließlich Artikel 1, also die 31. BImSchV, betrachtet, die als die eigentliche „Lösemittelverordnung“ anzusehen ist.

### **2.3.1 Einbettung in nationale Gesetzgebung**

Die Lösemittelverordnung ist eine Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Die Anforderungen richten sich sowohl an die Betreiber von genehmigungsbedürftigen als auch an Betreiber eines Teils der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, die hier erstmals anzeigepflichtig werden. Da die Lösemittelverordnung nur die Anforderungen an

---

<sup>1</sup> Anlagen der Oberflächenreinigung und Textilreinigung sowie Extraktionsanlagen, sofern in diesen Anlagen leichtflüchtige halogenierte organische Verbindungen als Lösemittel eingesetzt werden.

die flüchtigen organischen Verbindungen abschließend regelt, sind die Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen nach 4. BImSchV verpflichtet, neben den Anforderungen der Lösemittelverordnung zusätzlich die Anforderungen nach TA Luft einzuhalten.

### 2.3.2 Aufbau

Die Lösemittelverordnung besteht aus einem allgemeinen Verordnungstext und aus verschiedenen Anhängen (Tabelle 1). Neben dem allgemeinen Verordnungstext, der in fünf Teile mit entsprechenden Bestimmungen gegliedert ist, bilden die insgesamt sechs Anhänge einen wichtigen Teil der Verordnung. Anhang I führt die Anlagenarten, in denen die in Anhang II definierten Tätigkeiten ausgeführt werden, und darüber hinaus Schwellenwerte für den Geltungsbereich (vgl. Tabelle 2) auf. Anhang III enthält die konkreten anlagenspezifischen Anforderungen an die in Anhang I aufgelisteten Anlagenarten in Form von Emissionsgrenzwerten und z.T. von zusätzlichen Vorgaben. Die Anhänge IV und V beinhalten die neuartigen Reduzierungspläne und Lösemittelbilanzen und enthalten Anforderungen und Grundsätze zu ihrer Anwendung. Im Anhang VI werden die Anforderungen an die Überwachung festgelegt.

	Inhalt	Paragrafen
Erster Teil	Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen	§1 Anwendungsbereich §2 Begriffsbestimmungen
Zweiter Teil	Begrenzung der Emissionen	§3 Allgemeine Anforderungen §4 Spezielle Anforderungen
Dritter Teil	Messung und Überwachung	§5 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen §6 Genehmigungsbedürftige Anlagen
Vierter Teil	Gemeinsame Vorschriften	§7 Ableitbedingungen für Abgase §8 Berichterstattung an die Europäische Kommission §9 Unterrichtung der Öffentlichkeit §10 Andere oder weitergehende Anforderungen §11 Zulassung von Ausnahmen §12 Ordnungswidrigkeiten
Fünfter Teil	Schlussvorschriften	§13 Übergangsregelungen
Anhänge	Anhang I Anhang II Anhang III Anhang IV Anhang V Anhang VI	Liste der Anlagen Liste der Tätigkeiten Spezielle Anforderungen Reduzierungsplan Lösemittelbilanz Anforderungen an die Durchführung der Überwachung

Tabelle 1: Inhaltsübersicht der Lösemittelverordnung

### 3 Anlagen im Geltungsbereich der Verordnung

Die Lösemittelverordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb der nachfolgend aufgelisteten Anlagen, in denen eine oder mehrere der im Anhang II der Verordnung definierten 19 Tätigkeiten ausgeführt werden.

<b>Tätigkeit und Bezeichnung der Anlage</b>	<b>Schwellenwert für den Löse- mittel- verbrauch [t/a]</b>
<b>1. Reproduktion von Text oder von Bildern</b>	
1.1 Anlagen mit dem Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren	15
1.2 Anlagen mit dem Illustrationstiefdruckverfahren	25
1.3 Anlagen für sonstige Drucktätigkeiten	15
<b>2. Reinigung der Oberflächen von Materialien oder Produkten</b>	
2.1 Anlagen zur Oberflächenreinigung	1
<b>3. Textilreinigung</b>	
3.1 Anlagen zur Textilreinigung (Chemischreinigungsanlagen)	0
<b>4. Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen, Fahrerhäusern, Nutzfahrzeugen, Bussen oder Schienenfahrzeugen</b>	
4.1 Anlagen zur Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen	0
4.2 Anlagen zur Serienbeschichtung von Fahrerhäusern	0
4.3 Anlagen zum Beschichten von Nutzfahrzeugen	0
4.4 Anlagen zum Beschichten von Bussen	0
4.5 Anlagen zum Beschichten von Schienenfahrzeugen	5
<b>5. Fahrzeugreparaturlackierung</b>	
5.1 Anlagen zur Reparaturlackierung von Fahrzeugen	0
<b>6. Beschichten von Bandblech</b>	
6.1 Anlagen zum Beschichten von Bandblech	10
<b>7. Beschichten von Wickeldraht</b>	
7.1 Anlagen zum Beschichten von Wickeldraht mit phenol-, kresol- od. xylenolhaltigen Beschichtungsstoffen	0
7.2 Anlagen zum Beschichten von Wickeldraht mit sonstigen Beschichtungsstoffen	5
<b>8. Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen</b>	
8.1 Anlagen zum Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen	5
<b>9. Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen</b>	
9.1 Anlagen zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen mit einem Lösemittelverbrauch bis zu 15 t/a	5
9.2 Anlagen zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen mit einem jährlichen Lösemittelverbrauch von mehr als 15 Tonnen	15
<b>10. Beschichten von Textil-, Gewebe-, Folien- oder Papieroberflächen</b>	
10.1 Anlagen zum Beschichten oder Bedrucken von Textilien und Geweben	5
10.2 Anlagen zum Beschichten von Folien- oder Papieroberflächen	5
<b>11. Beschichten von Leder</b>	
11.1 Anlagen zum Beschichten von Leder	10

<b>Tätigkeit und Bezeichnung der Anlage</b>	<b>Schwellenwert für den Löse- mittelver- brauch [t/a]</b>
<b>12. Holzimprägnierung</b>	
12.1 Anlagen zum Imprägnieren von Holz unter Verwendung von lösemit- telhaltigen Holzschutzmitteln	10
12.2 Anlagen zum Imprägnieren von Holz unter Verwendung von Teerölen (Kreosote)	0
<b>13. Laminierung von Holz oder Kunststoffen</b>	
13.1 Anlagen zur Laminierung von Holz oder Kunststoffen	5
<b>14. Klebebeschichtung</b>	
14.1 Anlagen zur Klebebeschichtung	5
<b>15. Herstellung von Schuhen</b>	
15.1 Anlagen zur Herstellung von Schuhen	5
<b>16. Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen sowie Her- stellung von Bautenschutz- oder Holzschutzmitteln, Klebstoffen oder Druckfarben</b>	
16.1 Anlagen zur Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen	100
16.2 Anlagen zur Herstellung von Bautenschutz- oder Holzschutzmitteln	100
16.3 Anlagen zur Herstellung von Klebstoffen	100
16.4 Anlagen zur Herstellung von Druckfarben	100
<b>17. Umwandlung von Kautschuk</b>	
17.1 Anlagen zur Umwandlung von Kautschuk	10
<b>18. Extraktion von Pflanzenöl oder tierischem Fett sowie Raffination von Pflanzenöl</b>	
18.1 Anlagen zur Extraktion von Pflanzenöl oder tierischem Fett sowie Raffination von Pflanzenöl	10
<b>19. Herstellung von Arzneimitteln</b>	
19.1 Anlagen zur Herstellung von Arzneimitteln	50

Tabelle 2: Anlagen und Tätigkeiten im Anwendungsbereich der Lösemit-  
telverordnung

### 3.1 Schwellenwert

Ob eine Anlage in den Anwendungsbereich der Verordnung fällt, ist abhängig von der Art der Tätigkeit und dem jährlichen Lösemittelverbrauch in der Anlage. Die von der Lösemittelverordnung erfassten Tätigkeiten und die Schwellenwerte für den jährlichen Lösemittelverbrauch in den jeweiligen Anlagen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Beispiel: Eine Lackieranlage einer Tischlerei (Nr. 9: Anlage zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen) fällt von der Tätigkeit her gesehen in den Anwendungsbereich der Verordnung. Die Ermittlung des jährlichen Lösemittelverbrauchs in der Erstabrechnung ergibt:

- Der Schwellenwert von  $\geq 5$  t/a wird nicht erreicht. Die Anlage unterliegt nicht der Verordnung.

- Der Lösemittelverbrauch liegt zwischen 5 und 15 t/a. Die Anlage ist der Nummer 9.1 des Anhangs I der Verordnung zu zuordnen.
- Der Lösemittelverbrauch liegt über 15 t/a. Die Anlage ist der Nummer 9.2 des Anhangs I der Verordnung zu zuordnen.

Im Bereich der Beschichtung von Holz oder Holzwerkstoffen (Nr. 9) kann i.d.R. davon ausgegangen werden, dass holzbe- und -verarbeitende Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten ohne Serienfertigung und Auftragslackierung nicht in den Anwendungsbereich der Lösemittelverordnung fallen und damit nicht anzeigepflichtig im Sinne der Lösemittelverordnung sind.

Zur überschlägigen Ermittlung der eingesetzten Lösemittelmenge kann die erfasste Menge an Beschichtungsstoffen mit dem Faktor 0,7 multipliziert und mit dem Schwellenwert verglichen werden. Der Faktor spiegelt den durchschnittlichen Lösemittelgehalt der angewandten lösemittelhaltigen Beschichtungssysteme in Höhe von 65 % und den Anteil des Reinigungsmiteleinsatzes wieder.

Bei der Bestimmung des jährlichen Lösemittelverbrauchs ist das Additionsprinzip anzuwenden. Das bedeutet, dass bei Anlagen, in denen eine bestimmte Tätigkeit in mehreren Teilanlagen, Verfahrensschritten oder Nebeneinrichtungen durchgeführt wird, die jeweiligen Lösemittelverbräuche zusammengezählt werden müssen. Die Summe der einzelnen Verbräuche ergibt den für die Anlage maßgeblichen Lösemittelverbrauch.<sup>1</sup>

Bei einigen Anlagenarten, die unter die Verordnung fallen, z.B. bei allen Lackieranlagen, sind die Schwellenwerte für den Lösemittelverbrauch wesentlich niedriger als diejenigen in der 4. BImSchV. Daher sind von der Verordnung neben den genehmigungsbedürftigen nunmehr auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen betroffen.

Für genehmigungsbedürftige Anlagen gilt die Lösemittelverordnung hinsichtlich der Begrenzung der VOC-Emissionen, während andere Anforderungen, wie z.B. Partikelbegrenzung, weiterhin durch die TA Luft geregelt werden.

### **3.2 Anzeigepflicht**

Für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen, die in den Anwendungsbereich der Verordnung fallen, besteht eine Anzeigepflicht. Genehmigungsbedürftige Altanlagen müssen nicht zusätzlich angezeigt werden, da bereits eine Genehmigung vorliegt oder beantragt ist.

---

<sup>1</sup> § 1 Abs. 1 Satz 2 der 31. BImSchV

Die Fristen, in der eine Anlage vom Betreiber bei der zuständigen Behörde anzuzeigen ist, sind bei Neu- und Altanlagen unterschiedlich:

- Neuanlagen sind vom Betreiber vor Inbetriebnahme,
- Altanlagen spätestens bis 25.08.2003 anzuzeigen.
- Altanlagen, die bei Inkrafttreten der Verordnung den Schwellenwert nicht überschreiten, sind bei erstmaliger Überschreitung innerhalb von 6 Monaten anzuzeigen.
- Bei einer wesentlichen Änderung einer Anlage ist dies der zuständigen Behörde vorab anzuzeigen, oder es ist eine Genehmigung zu beantragen.

Was als eine wesentliche Änderung einer Anlage i.S. der Verordnung<sup>1</sup> zu betrachten ist, richtet sich bei

- genehmigungsbedürftigen Anlagen nach § 16 BImSchG Abs. 1, bei
- nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen danach, ob
  - die Änderung nach dem Urteil der zuständigen Behörde erhebliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder auf die Umwelt haben kann,
  - die Änderung der Nennkapazität bei bestimmten Anlagen<sup>2</sup> zu einer Erhöhung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen um mehr als 25 % oder
  - die Änderung der Nennkapazität der übrigen Anlagen zu einer Erhöhung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen um mehr als 10 % führt.

Die Anzeige sollte in Abstimmung mit der zuständigen Behörde die maßgebenden Daten für die Anlage enthalten, z.B. Anlagennummer und Nummer der Tätigkeit gemäß Anhang I und II, Einsatzstoffe und deren Lösemittelgehalte, die Menge der eingesetzten Lösemittel, Angaben zur Kapazität und zum Betreiber.

---

<sup>1</sup> siehe Definition nach § 2 Nr. 28 der 31. BImSchV: wesentliche Änderung

<sup>2</sup> betrifft Anlagen der Nummer 1.1, 1.3, 9.2 und 11.1 mit einem Lösemittelverbrauch von  $\leq 25$  t/a, Anlagen der Nummer 4.1-4.5, 8.1, 9.1, 10.1, 10.2, 12.1 oder 14.1 mit einem Lösemittelverbrauch von  $\leq 15$  t/a sowie Anlagen der Nummer 16.1-16.4 mit einem Lösemittelverbrauch von  $\leq 500$  t/a

### 3.3 Allgemeine Anforderungen

Die allgemeinen Anforderungen<sup>1</sup> gelten für alle Anlagen, die in den Anwendungsbereich der Verordnung fallen. Einige der Anforderungen werden im folgenden genannt:

- Es besteht ein Substitutionsgebot für die nach dem Chemikalienrecht krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestuften flüchtigen organischen Verbindungen. Danach sind die eingesetzten, mit den R-Sätzen R45, R46, R49, R60 oder R61<sup>2</sup> gekennzeichneten Stoffe oder Zubereitungen soweit wie möglich in kürzester Zeit zu ersetzen. Zu berücksichtigen sind dabei Gebrauchstauglichkeit und die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen beim Ersatz durch weniger schädliche Stoffe. Die Emissionen der mit den o.g. R-Sätzen gekennzeichneten flüchtigen organischen Verbindungen dürfen, auch nicht in der Summe, einen Massenstrom von 2,5 g/h oder eine Massenkonzentration von 1 mg/m<sup>3</sup> überschreiten.
- Werden in einer Anlage flüchtige organische Verbindungen mit der Kennzeichnung R40 eingesetzt, dann dürfen die Emissionen dieser Verbindungen einen Massenstrom von 100 g/h oder eine Massenkonzentration im Abgas von 20 mg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten. Dies gilt ebenfalls für flüchtige organische Verbindungen, die der Nummer 3.1.7 Klasse I der TA Luft 1986 zugeordnet sind.
- Die Emissionen einer Anlage sind beim An- und Abfahren durch wirksame Maßnahmen so gering wie möglich zu halten.

Anhand eines Entscheidungsschemas in Abbildung 1 kann ermittelt werden, ob und welche emissionsbegrenzenden Anforderungen auf eine Anlage zutreffen.

In dem Fall, dass die o.g. besonders gesundheitsschädigenden flüchtigen organischen Verbindungen eingesetzt werden und eine Substitution nicht möglich ist, sind die Anforderungen zur Emissionsbegrenzung nach § 3 einzuhalten, auch dann, wenn ein Reduzierungsplan durchgeführt wird.

---

<sup>1</sup> siehe § 3 der 31. BImSchV

<sup>2</sup> R40 = irreversible Schäden möglich; R45 = kann Krebs erzeugen; R46 = kann vererbare Schäden verursachen; R49 = kann Krebserzeugen beim Einatmen; R60 = kann Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen; R61 = kann das Kind im Mutterleib schädigen

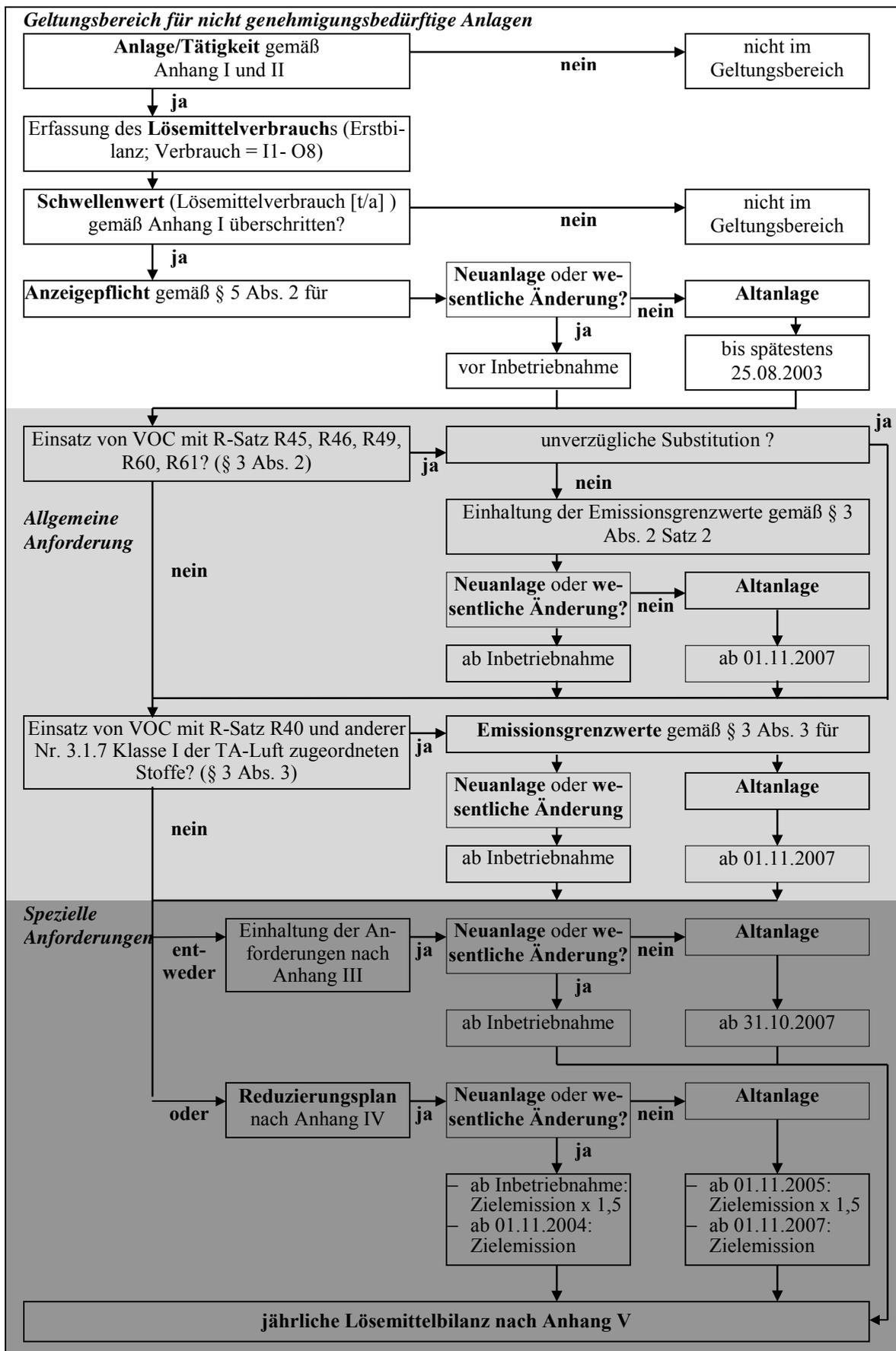


Abbildung 1: Entscheidungsschema für nicht genehmigungsbedürftige Betriebe

### 3.4 Spezielle Anforderungen

In den speziellen Anforderungen<sup>1</sup> werden die Betreiber dazu verpflichtet, ihre Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass die jeweiligen im Anhang III der Verordnung festgelegten Emissionsgrenzwerte und zusätzlichen besonderen Anforderungen eingehalten werden. Bei den Emissionsgrenzwerten wird zwischen Grenzwerten für gefasste Abgase, für diffuse Emissionen und für Gesamtemissionen unterschieden. Sie gelten für Neuanlagen und wesentlich geänderte Anlagen ab Inbetriebnahme, für Altanlagen ab 01.11.2007. Genehmigungsbedürftige Altanlagen müssen ab diesem Zeitpunkt die Anforderungen einhalten, die bis dahin nicht Bestandteil des Genehmigungsbescheids waren oder die strenger als die im Bescheid festgelegten Grenzwerte sind.

Die speziellen Anforderungen sollen hier im Einzelnen nicht aufgeführt werden. Sie sind im Anhang III der Lösemittelverordnung ausführlich dargestellt.<sup>2</sup>

Im § 4 wird weiterhin die Möglichkeit eingeräumt, einen Reduzierungsplan gemäß Anhang IV durchzuführen. Bei Anwendung eines Reduzierungsplanes wird der Anlagenbetreiber grundsätzlich von der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte des Anhangs III entbunden.

### 3.5 Übergangsregelungen

Altanlagen müssen die Anforderungen des Anhangs III oder IV der Verordnung erst nach Ablauf einer bestimmten Übergangsfrist einhalten. Besondere Übergangsregelungen gelten für bestehende Abgasreinigungsanlage. Sie dürfen über 2007 hinaus unter bestimmten Bedingungen mit höheren Abgasemissionswerten, als im Anhang III vorgeschrieben, betrieben werden (Tabelle 3). Durch die eingeräumten Übergangsregelungen soll dem Betreiber eine kosteneffiziente Umsetzung der Anforderungen ermöglicht werden.

---

<sup>1</sup> gemäß § 4 Satz 1 i.V. mit Anhang III der 31. BImSchV

<sup>2</sup> Eine Besonderheit hält der Anhang III für Anlagen der Nummer 2.1 „Oberflächenreinigung von Materialien oder Produkten“ bereit, die bereits hier erwähnt werden soll. Bei diesen Anlagen entfallen die Anforderungen an das Abgas und an die diffusen Emissionen, wenn Reinigungsmittel mit weniger als 20 % Lösemittelanteil eingesetzt werden (z.B. die Entkonservierung von Kraftfahrzeugen); die allgemeinen Anforderungen gelten weiterhin.

<b>Anforderungen an Altanlagen</b>	
Einhaltung der Emissionsgrenzwerte und Grenzwerte für diffuse Emissionen nach Anhang III	ab 01.11.2007
Einhaltung des Reduzierungsplans <sup>a</sup> nach Anhang IV: - 1,5-fache Zielemission - Zielemission	ab 01.11.2005 ab 01.11.2007
Emissionsgrenzwerte für Abgasreinigungsanlagen <sup>b</sup> bei Einhaltung von	
a) $\leq 50 \text{ mg C/m}^3$ für Nachverbrennungsanlagen	bis 31.12.2013
b) $\leq 100 \text{ mg C/m}^3$ für andere Abgasreinigungsanlagen als a) von genehmigungsbedürftigen Anlagen	bis 31.12.2013
c) $\leq 150 \text{ mg C/m}^3$ für andere Abgasreinigungsanlagen als a) von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen	bis 31.12.2013

<sup>a</sup> Die Anwendung des Reduzierungsplans muss bis 31.10.2004 angezeigt werden.

<sup>b</sup> Gelten nur, wenn die Gesamtemission E der Anlage nicht höher als bei Einhaltung der Grenzwerte ist

Tabelle 3: Übergangsfristen für Altanlagen

### 3.6 Erstmaliger Nachweis

Während die Einhaltung der **Abgaskonzentrationswerte** bei Neuanlagen innerhalb der ersten 6 Monate nach Inbetriebnahme durch Messung nachgewiesen werden muss, ist der Nachweis bei Altanlagen erstmals ab dem 31.12.2009 fällig.<sup>1</sup> Der Nachweis durch Messungen kann entfallen, wenn keine Abgasreinigungseinrichtung nach dem Stand der Technik zur Einhaltung der Grenzwerte erforderlich ist.<sup>2</sup>

Der erstmalige Nachweis zur Einhaltung der Grenzwerte für **diffuse Emissionen** und i.d.R. auch der **Gesamtemissionsgrenzwerte** sollte bei Altanlagen spätestens bis 1.11.2007 erfolgen, auch wenn in der Verordnung diesbezüglich konkrete Zeitvorgaben nicht zweifelsfrei abgeleitet werden können.<sup>3</sup> Zumindest sollten zu diesem Zeitpunkt Schätzungen erstellt werden, die wegen der erforderlichen Lösemittelbilanzierung über einen Zwölfmonatszeitraum dann bis 1.11.2008 durch präzise Daten konkretisiert werden müssten.

Die Einhaltung des **Reduzierungsplans** nach Anhang IV B ist in zwei Stufen nachzuweisen. Bei Altanlagen ist bis zum 1. November 2005 der Nachweis zu erbringen, dass die erste Stufe der Emissionsminderung erreicht wurde, d.h. dass der Wert der maximal zulässigen Gesamtemission (Zielemission) nur noch um das 1,5-fache überschritten wird. Bis zum

<sup>1</sup> § 5 Abs. 4 Satz 1 Nr. 1 a in Verbindung mit § 13 31. BImSchV

<sup>2</sup> § 5 Abs. 4 letzter Satz

<sup>3</sup> § 5 Abs. 6 Satz 1 Nrn. 1 und 2 in Verbindung mit § 13 31. BImSchV

1. November 2007 muss nachgewiesen werden, dass die maximal zulässige Gesamtemission nicht mehr überschritten wird (2. Stufe der Emissionsminderung).<sup>1</sup> Die angeführten Termine sind sachgerecht, auch wenn in der Verordnung keine konkreten Zeitvorgaben für den Nachweis vorgegeben wurden. Denn die Betreiber müssen rechtzeitig vor den Terminen der 1. und 2. Stufe der Emissionsminderung die geplanten technischen Maßnahmen und die damit verbundenen Emissionsminderungen darlegen, damit die zuständige Behörde die Durchführbarkeit der Maßnahmen prüfen kann. Da die erforderlichen Maßnahmen dann bis zu den angeführten Terminen umgesetzt sein müssen, ist damit auch ein entsprechender Nachweis möglich. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Zeitvorgaben zeigt Tabelle 4:

<b>Anforderungen</b>	<b>Erstmaliger Nachweis Neuanlagen</b>	<b>Erstmaliger Nachweis Altanlagen</b>
Abgaskonzentrationswerte	3 – 6 Monate nach Inbetriebnahme	bis 31.12.2009
Diffuse Emissionen oder Gesamtemissionsgrenzwerte nach Anhang III	1 Jahr nach Inbetriebnahme	bis 1.November.2007
Reduzierungsplan IV B: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,5 -fache Zielemission</li> <li>• Zielemission</li> </ul>	ab Inbetriebnahme  ab 1. November 2004	bis 1. November 2005  bis 1. November 2007
Anhang IV C. maximal zulässige Lösemittelgehalte in Einsatzstoffen	ab Inbetriebnahme	bis 1. November 2005

Tabelle 4: Erstmaliger Nachweis der Einhaltung der Anforderungen

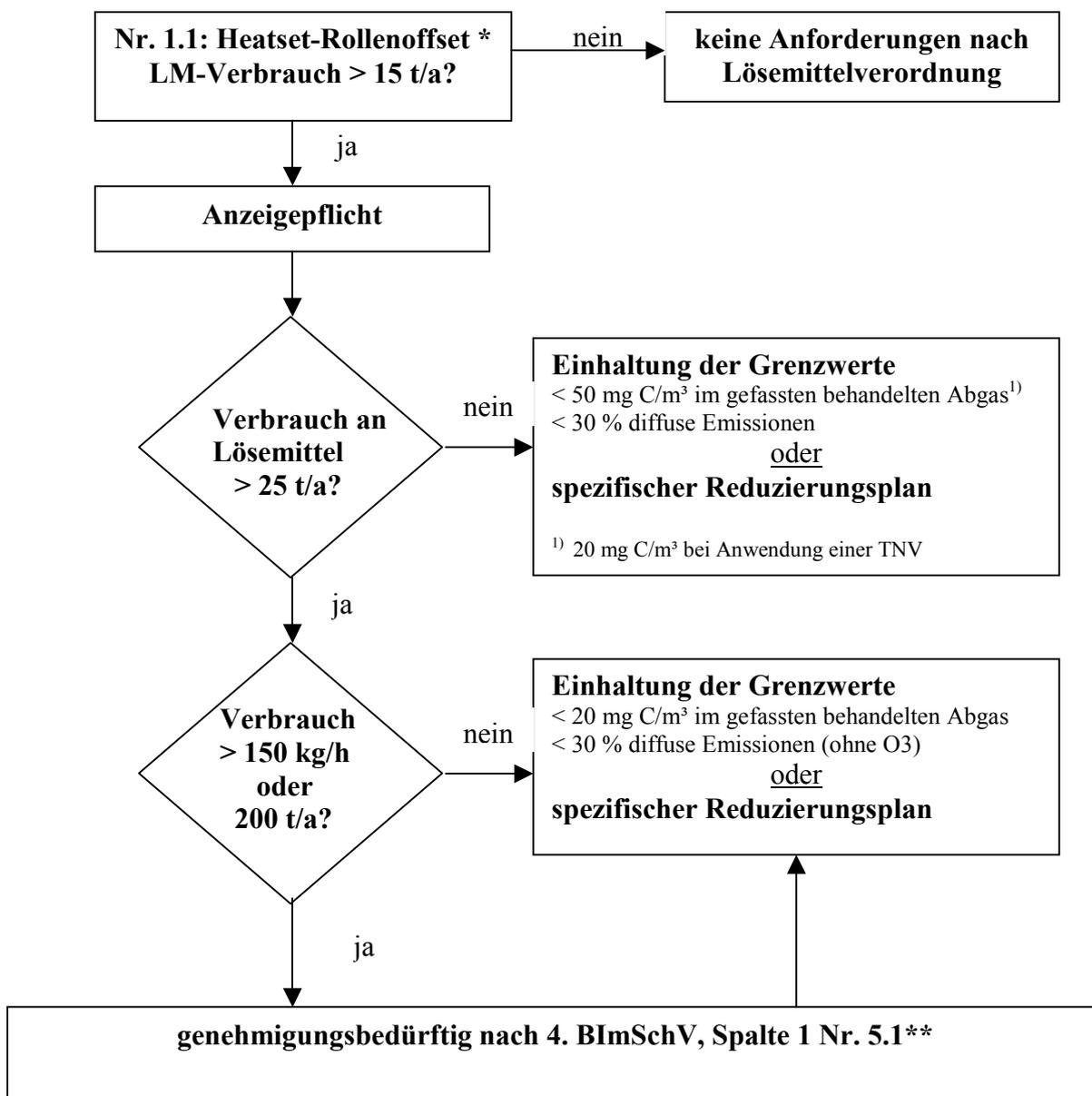
Für Anlagen zur Beschichtung von Holz oder Holzwerkstoffen mit einem Lösemittelverbrauch von 5-15 t/a (Anhang I Nr. 9.1) ist die Ermittlung des Lösemittelverbrauchs und die Feststellung auf Einhaltung der Anforderungen ab 01.11.2007 mit Hilfe der Lösemittelbilanz alle 3 Jahre vorzunehmen

<sup>1</sup> § 5 Abs. 6 Nr.3 in Verbindung mit Anhang IV Abschnitt B Nr. 1 und § 13 31. BImSchV

### 3.7 Prüfschemata zu einigen Anlagenarten

Ob eine Anlage in den Geltungsbereich der Verordnung fällt und welche speziellen Anforderungen nach Anhang III neben den allgemeinen nach § 3 der 31. BImSchV einzuhalten sind, kann für einige Tätigkeiten anhand von Prüfschemata in den folgenden Abbildungen abgelesen werden.

Auf die besonderen Anforderungen des Anhangs III wird in den Prüfschemen jeweils in einer Fußnote hingewiesen.



\*) Für alle Anlagen im Geltungsbereich der Verordnung gelten zusätzlich die besonderen Anforderungen nach Anhang III Nr. 1.1.3: Eine Überschreitung eines Isopropanolgehaltes im Feuchtwasser von 8 % ist nicht zulässig

\*\*) genehmigungsbedürftige Anlagen müssen neben den Anforderungen der Lösemittelverordnung die der TA Luft einhalten, sofern es sich bei diesen nicht um Anforderungen an die Begrenzung von VOC handelt.

Abbildung 2: Prüfschema für Anlagen im Heatset-Rollenoffset-Druck

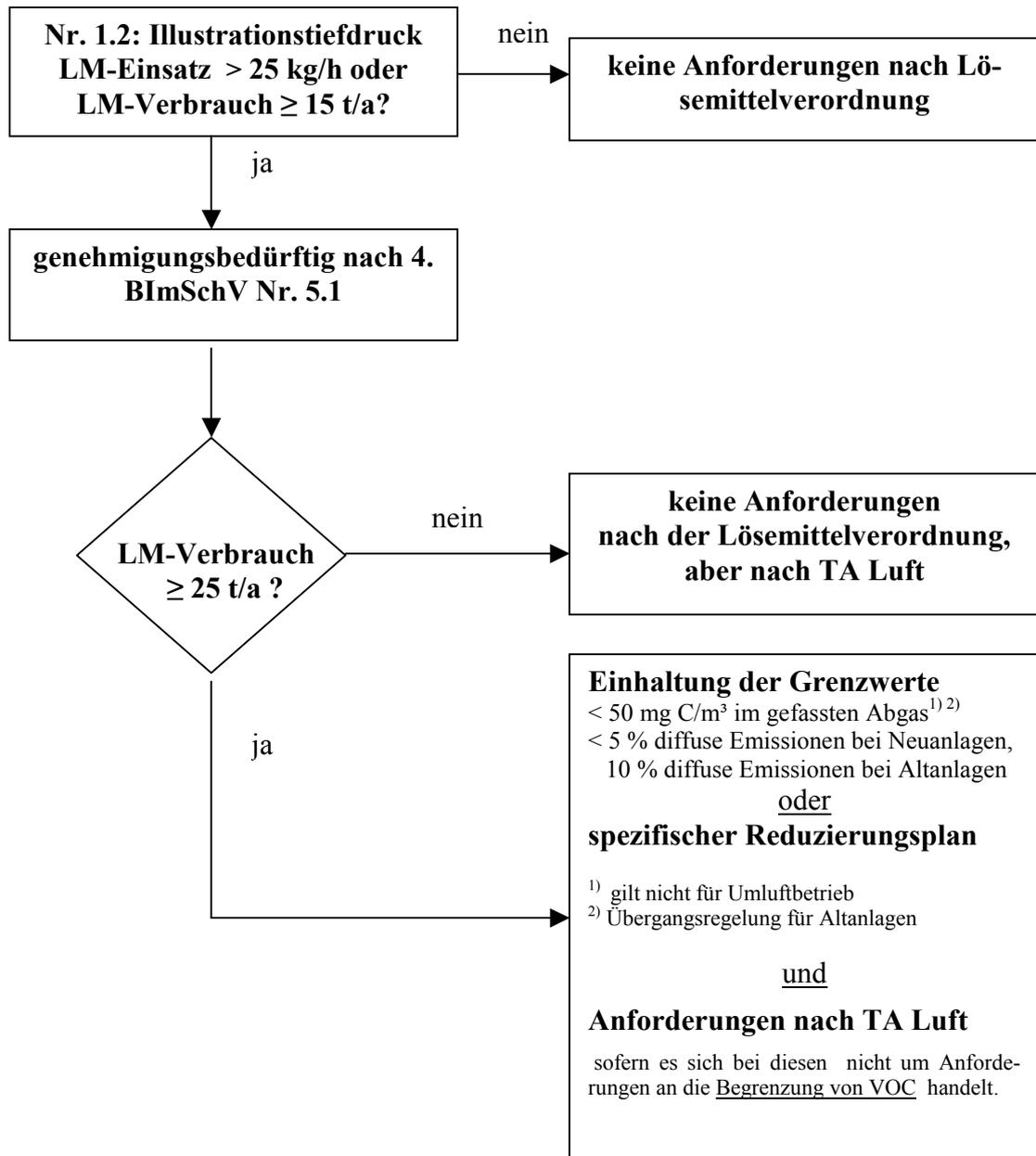
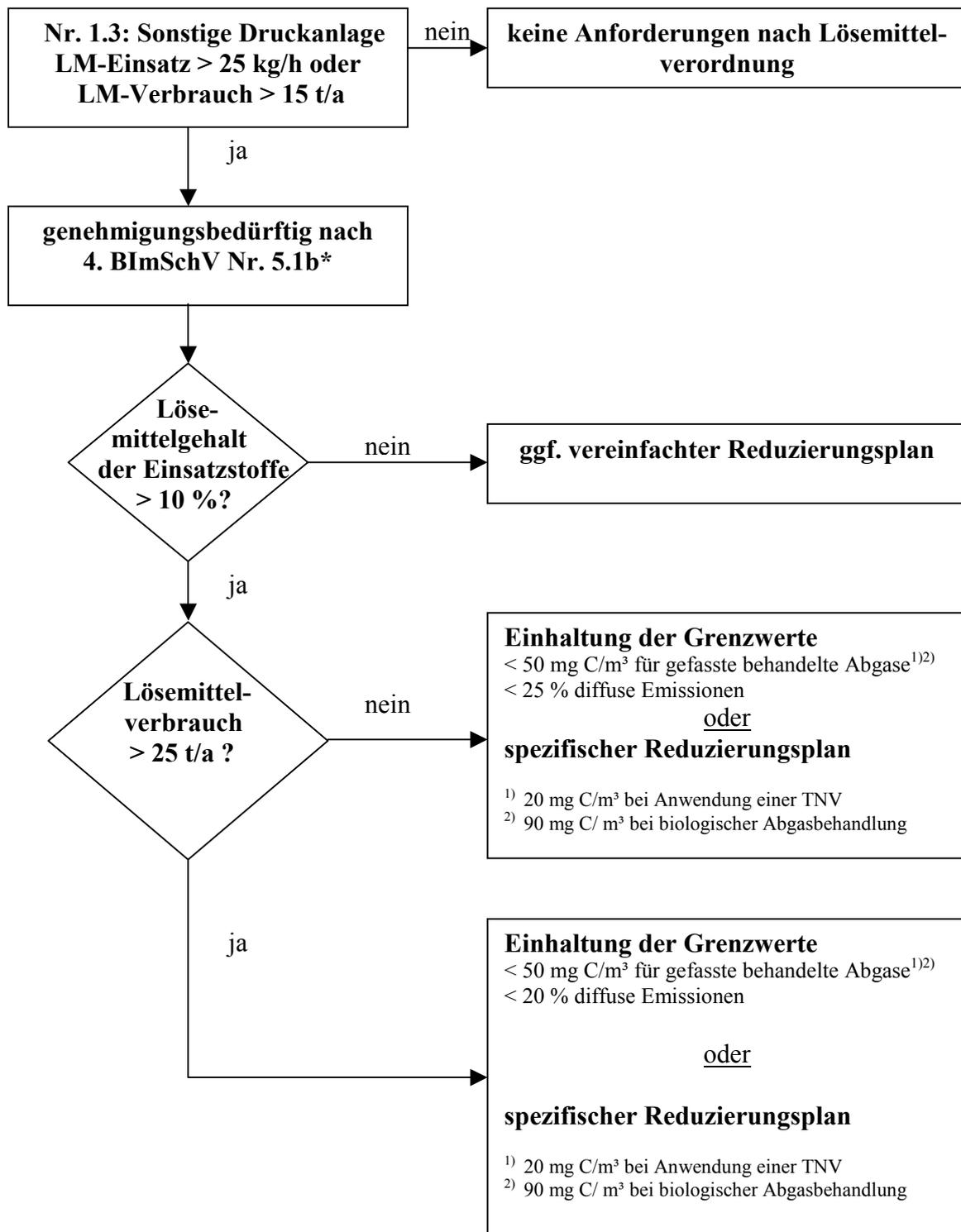
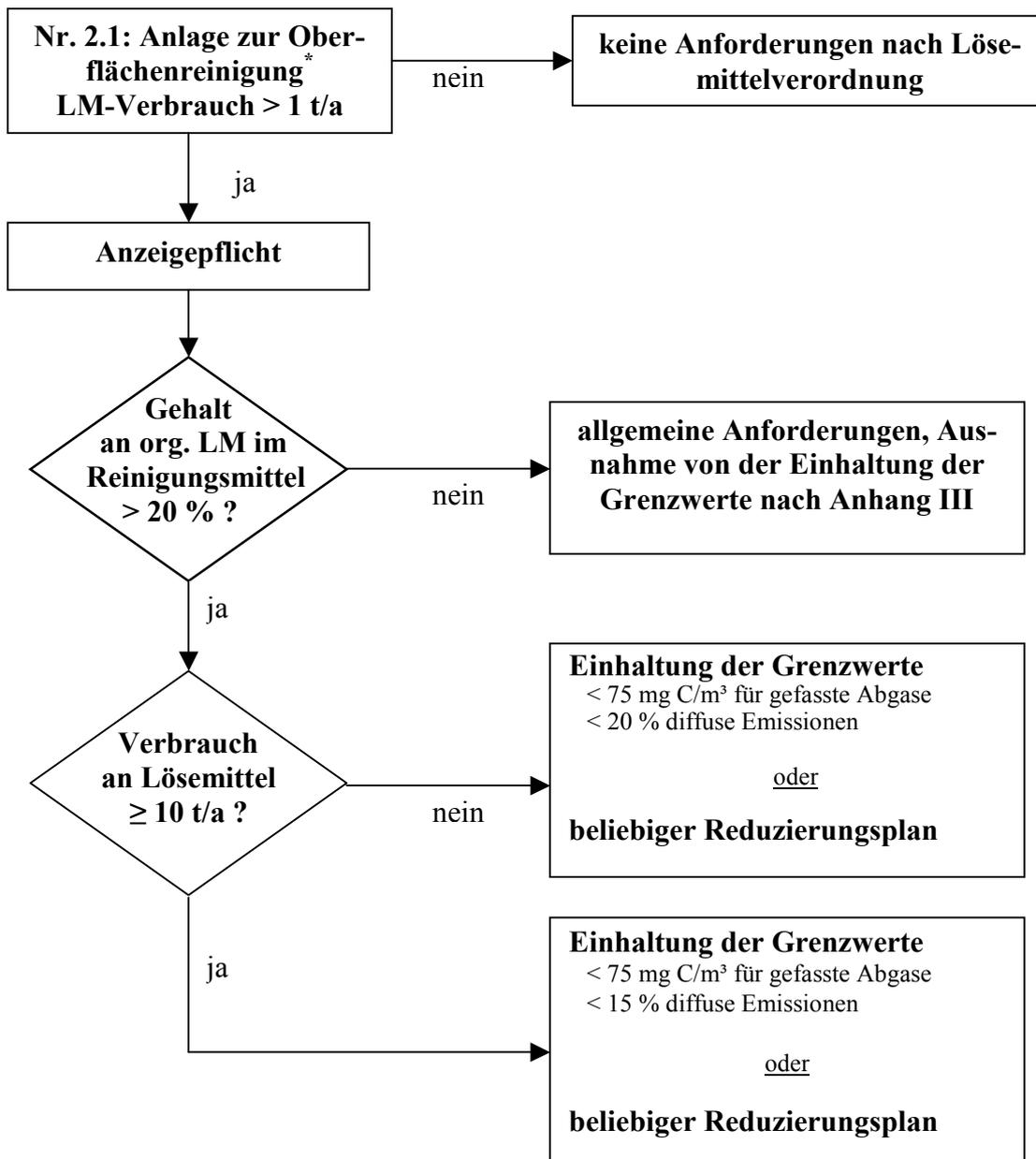


Abbildung 3: Prüfschema für Anlagen im Illustrationstiefdruck



\*) genehmigungsbedürftige Anlagen müssen neben den Anforderungen der Lösemittelverordnung die der TA Luft einhalten, sofern es sich bei diesen nicht um Anforderungen an die Begrenzung von VOC handelt.

Abbildung 4: Prüfschema für Anlagen sonstiger Drucktätigkeiten



\*) Für alle Anlagen im Geltungsbereich der Verordnung gelten zusätzlich die besonderen Anforderungen nach Anhang III Nr. 2.1.3: Die Reinigung ist nach dem Stand der Technik in weitestgehend geschlossenen Anlagen durchzuführen.

Abbildung 5: Prüfschema für Anlagen zur Oberflächenreinigung

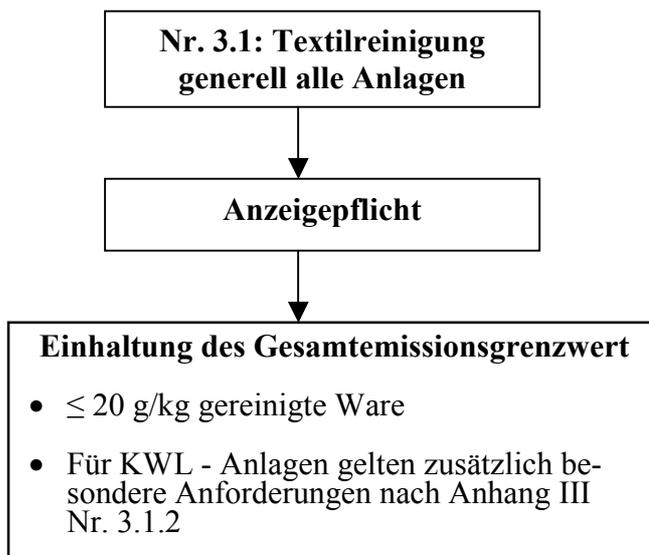
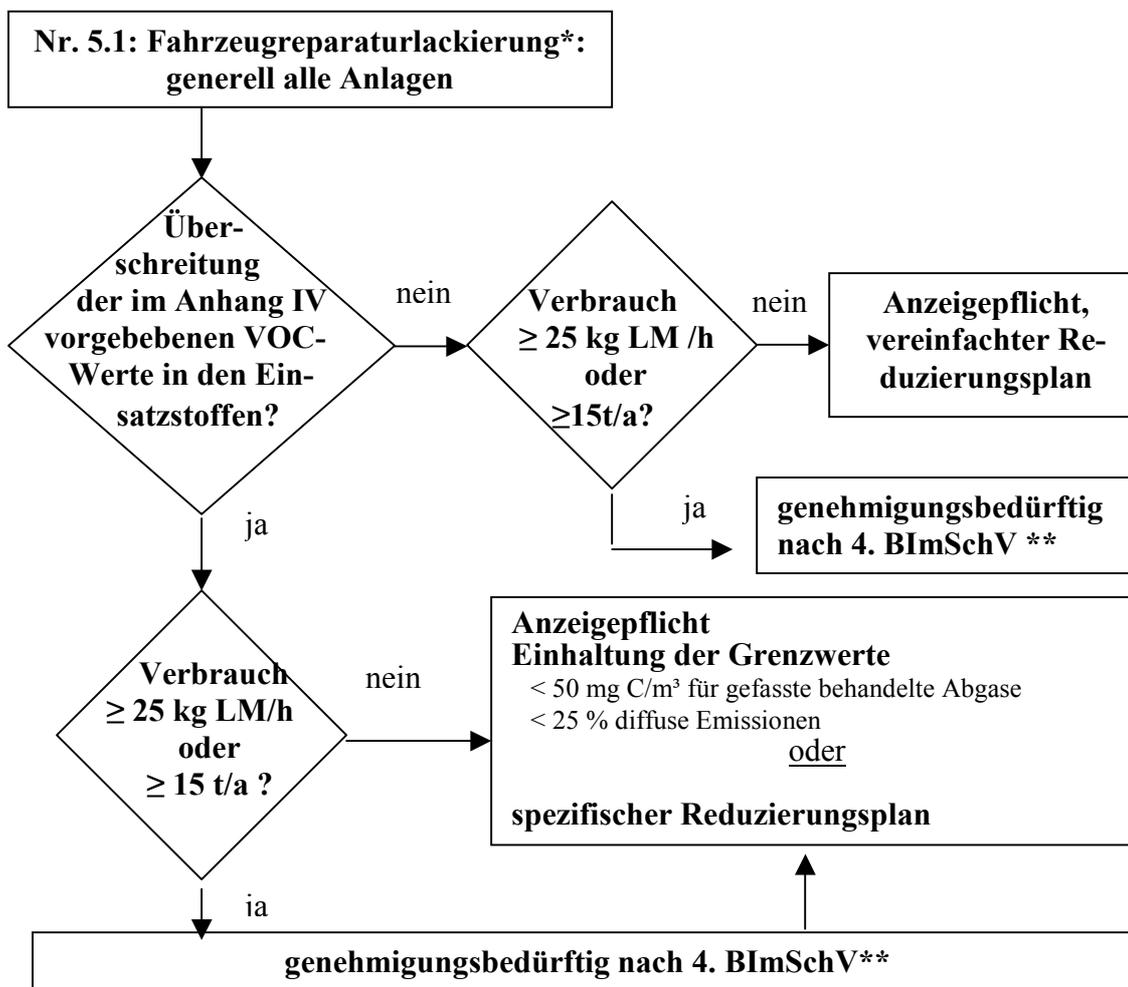
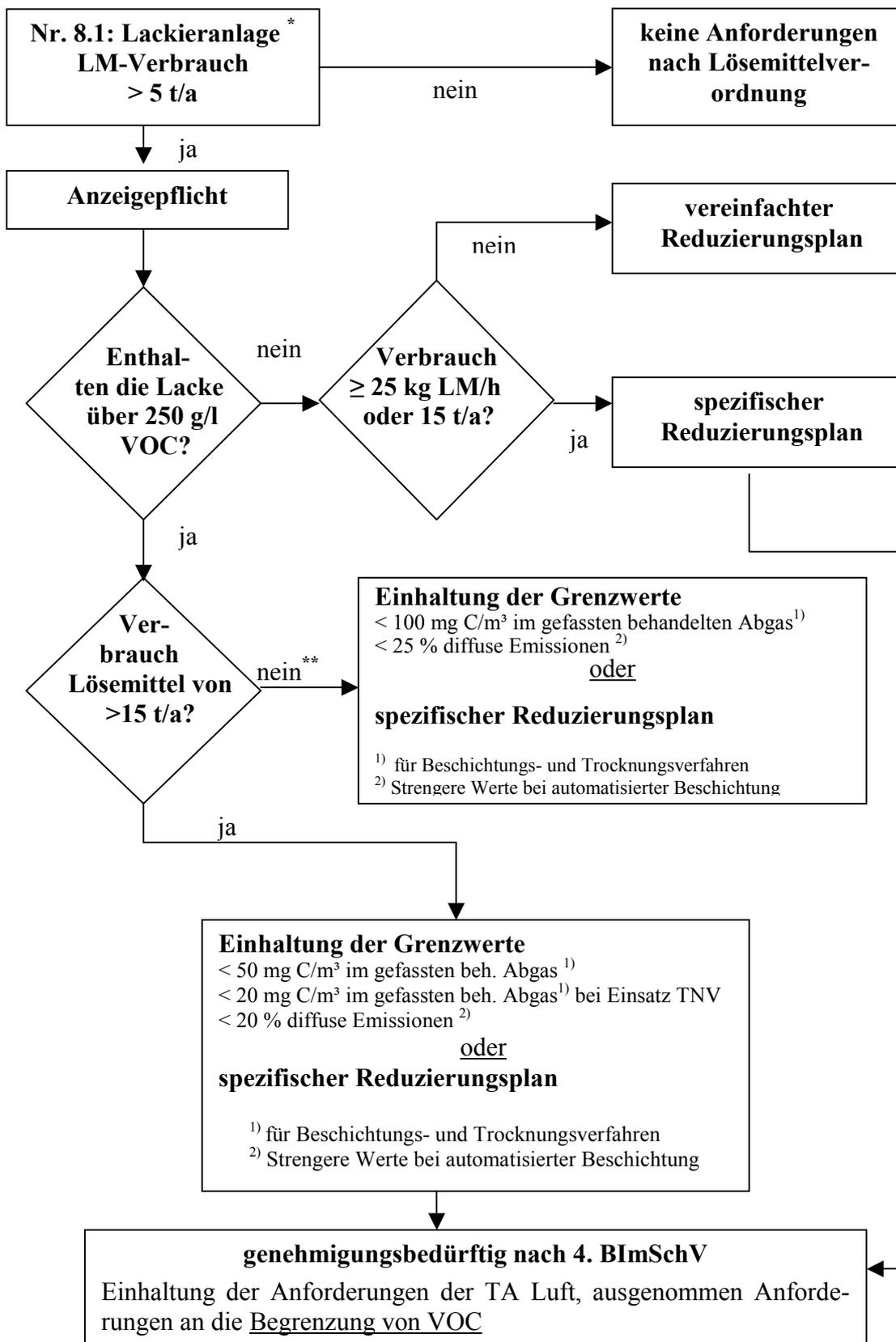


Abbildung 6: Prüfschema für Anlagen der Textilreinigung



\*Schema entspricht dem fachlich Gewollten, die Verordnung ist bei dieser Anlagenart widersprüchlich.  
 \*\*) genehmigungsbedürft. Anlagen müssen neben den Anforderungen der Lösemittel - VO die der TA Luft einhalten, sofern es sich bei diesen nicht um Anforderungen an die Begrenzung von VOC handelt.

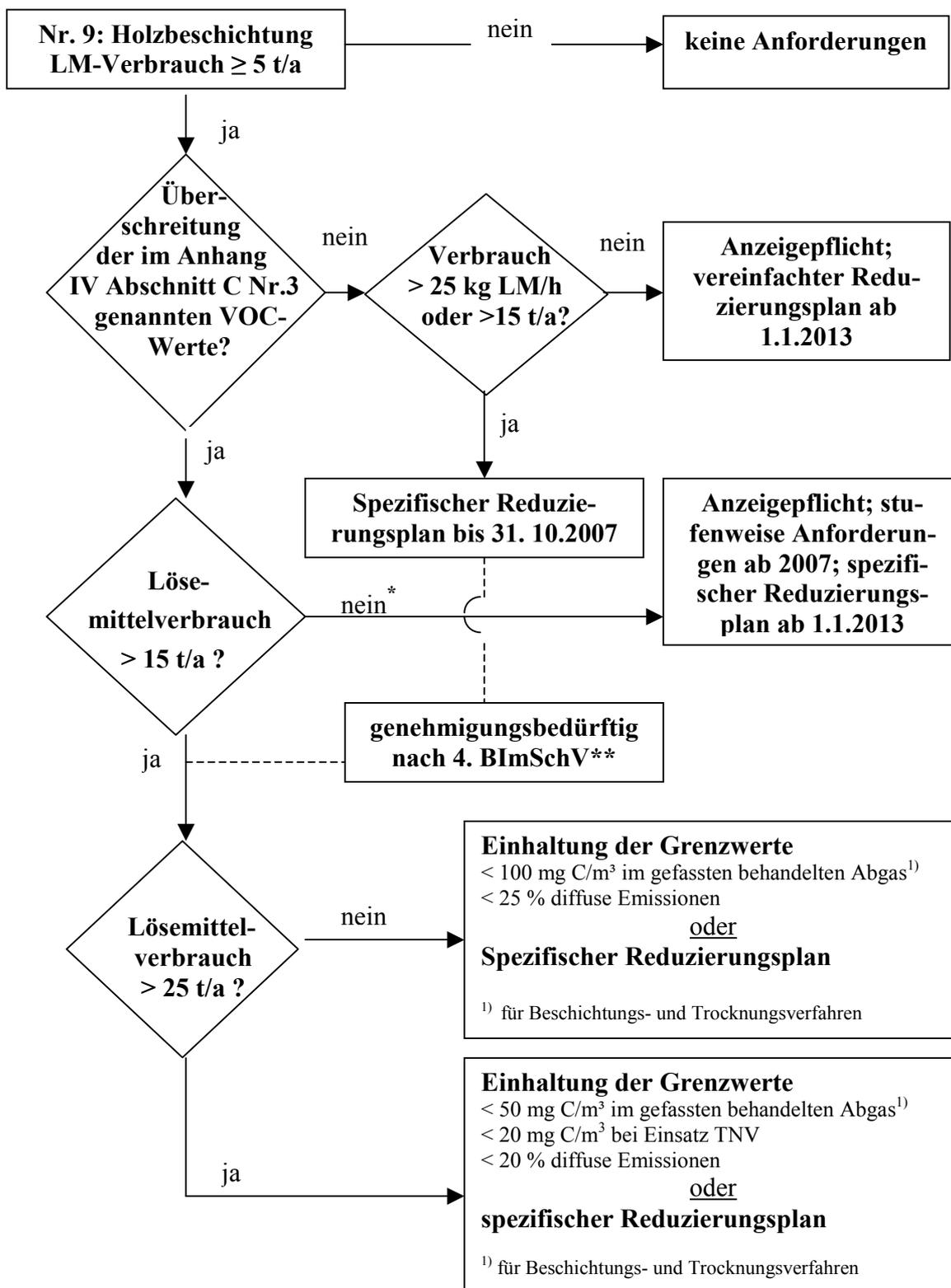
Abbildung 7: Prüfschema für Anlagen der Fahrzeugreparaturlackierung



\* Für Anlagen, in denen sperrige Güter, wie Schiffe oder Flugzeuge beschichtet werden, können statt der Grenzwerte die besonderen Anforderungen nach Anhang III Nr. 8.3.1 angewandt werden.

\*\* Bei Anlagen mit einem Verbrauch zwischen 5-15 t/a kann in Ausnahmefällen eine Genehmigungsbedürftigkeit bestehen, wenn die Verbrauchskapazität über 25 kg/h liegt.

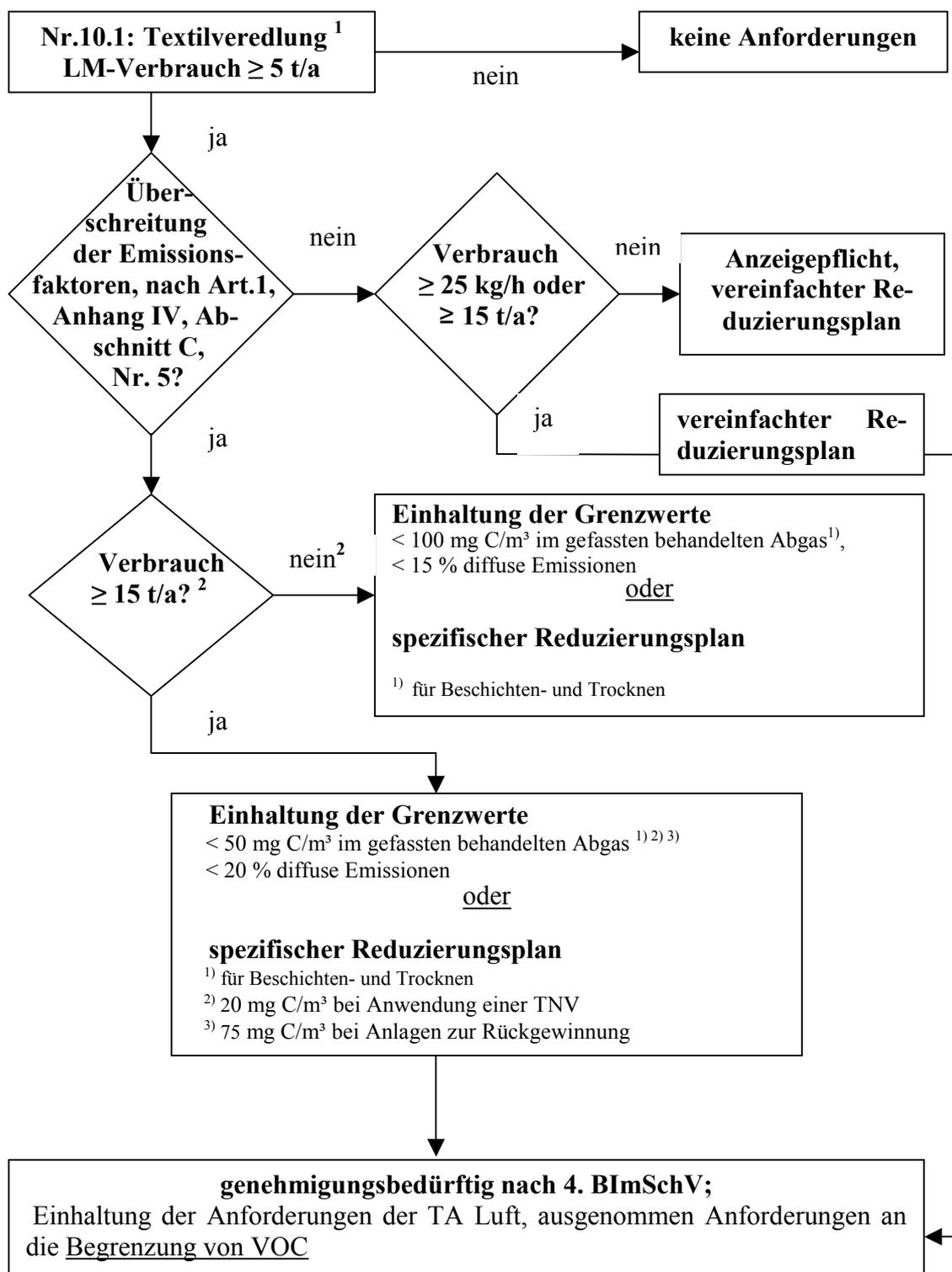
Abbildung 8: Prüfschema für Lackieranlagen von Metall- und Kunststoffoberflächen



\* Bei Anlagen mit einem Verbrauch zwischen 5-15 t/a kann in Ausnahmefällen eine Genehmigungsbedürftigkeit bestehen, wenn die Verbrauchskapazität über 25 kg/h liegt.

\*\*\*) genehmigungsbedürftige Anlagen müssen neben den Anforderungen der Lösemittelverordnung die der TA Luft einhalten, sofern es sich bei diesen nicht um Anforderungen an die Begrenzung von VOC handelt.

Abbildung 10: Prüfschema für Lackieranlagen von Holz oder Holzwerkstoffen



<sup>1)</sup>Prüfschema gilt nur für Beschichtungsanlagen, die bei Überschreitung der Schwellenwerte des Lösemittelverbrauchs von 25 kg/h oder 15 t/a unter die Nr. 5.1 der 4.BImSchV fallen würden.

<sup>2)</sup>Bei Anlagen mit einem Verbrauch zwischen 5-15 t/a kann in Ausnahmefällen eine Genehmigungsbedürftigkeit bestehen, wenn die Verbrauchskapazität über 25 kg/h liegt.

Abbildung 11: Prüfschema für Anlagen der Textilveredlung (Beschichten/Bedrucken)

## 4 Reduzierungsplan

Die Lösemittelverordnung räumt den Betreibern von Anlagen grundsätzlich eine Alternative zur Einhaltung der Grenzwerte des Anhangs III ein: den Reduzierungsplan. Voraussetzung ist, dass eine gleichwertige Verminderung der Emissionen wie bei Einhaltung der Grenzwerte nach Anhang III gewährleistet wird.<sup>1</sup> Der Reduzierungsplan wird im Anhang IV der Verordnung aufgeführt und schreibt die Vorgehensweise für eine Reihe von Anlagen, insbesondere für alle Beschichtungsanlagen, konkret vor.

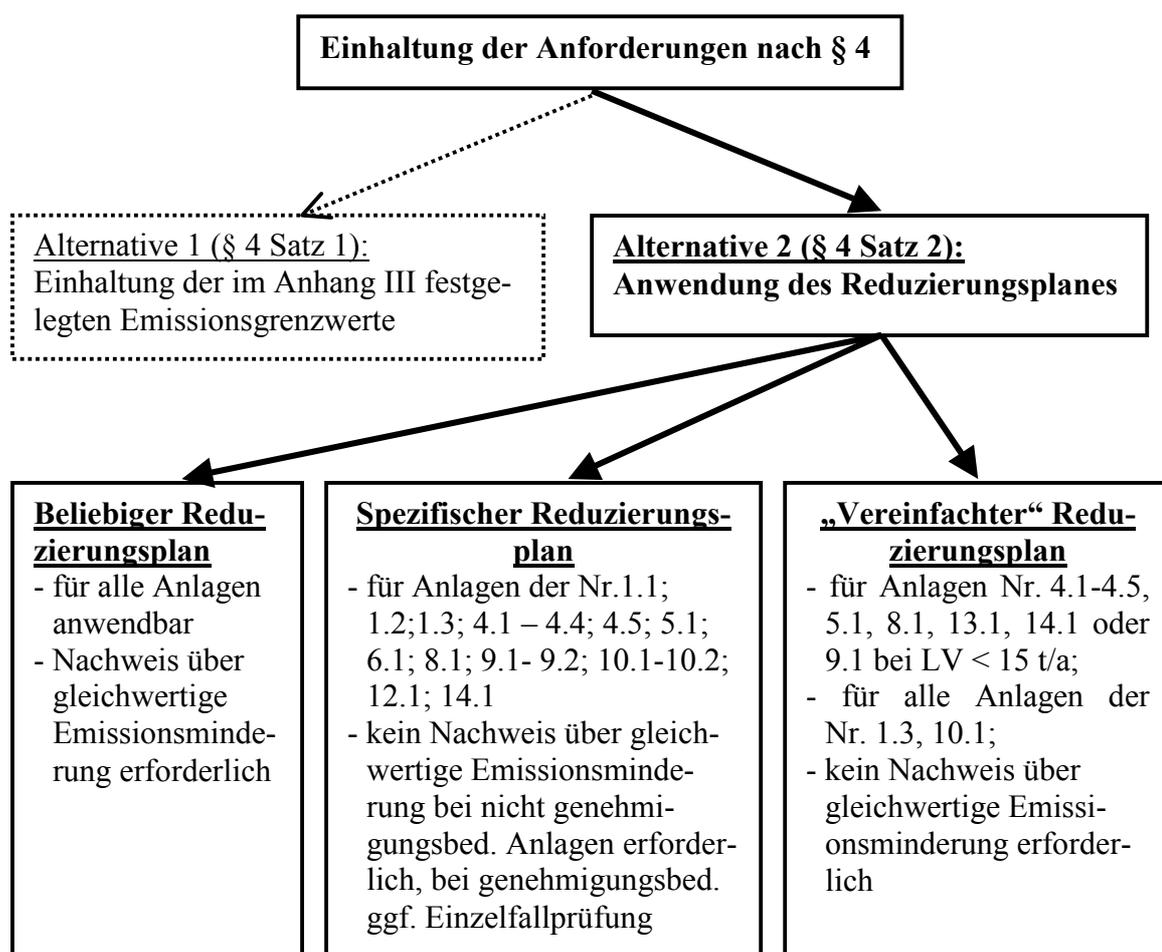


Abbildung 12: Varianten des Reduzierungsplanes

Der Reduzierungsplan ist ein neues Instrument im deutschen Luftreinhalte-recht. Er hat zum Ziel, prozessintegrierte Maßnahmen zur Emissionsmin-

<sup>1</sup> vgl. § 4 Satz 2 der 31. BImSchV

derungen zu fördern und den Betreibern die Möglichkeit für eine auf die Bedingungen seiner Anlage zugeschnittene Lösung zur Einhaltung der Verordnung zu geben. Insbesondere für die kleineren, bisher nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen eröffnen die Reduzierungspläne eine ökologisch sinnvolle Alternative zur nachgeschalteten Abgasreinigung.

Es wird unterschieden zwischen einem beliebigen, einem spezifischen und einem „vereinfachten“ Reduzierungsplan (Abbildung 11). Beispiele zur Anwendung sind in Kapitel 6 beschrieben.

#### **4.1 Beliebiger Reduzierungsplan**

Grundsätzlich kann ein beliebiger Reduzierungsplan angewendet werden. Voraussetzung ist immer die Gleichwertigkeit der Emissionsminderung im Vergleich zur Einhaltung der Emissionsbegrenzungen entsprechend Anhang III.

Bei dem beliebigen Reduzierungsplan kann alles herangezogen werden, was zu einer Emissionsminderung in mindestens gleicher Höhe wie bei Einhaltung der Emissionsgrenzwerte führt. Die Gleichwertigkeit ist der zuständigen Behörde plausibel nachzuweisen.

#### **4.2 Spezifischer Reduzierungsplan**

Der spezifische Reduzierungsplan kann nur bei den in Tabelle aufgeführten Anlagenarten zum Einsatz kommen. Er gilt im wesentlichen für Anlagen, in denen Oberflächen mit Beschichtungsstoffen, Klarlacken, Klebstoffen oder Druckfarben versehen werden.

Im Mittelpunkt des spezifischen Reduzierungsplans steht die Zielemission. Sie ist eine maximal zulässige Emissionsfracht und darf nicht höher sein als die Emissionen, die bei Einhaltung der Anforderungen nach Anhang III von der Anlage ausgehen würden. Zur Erreichung der Zielemission sieht die Verordnung abgestufte Anforderungen vor. In der ersten Stufe darf die Gesamtemission noch um das 1,5-fache höher liegen als die Zielemission, die in der zweiten Stufe dann erreicht werden muss.

Darüber hinaus ist die Einhaltung der Zielemission für Altanlagen und Neuanlagen sowie wesentlich geänderte Anlagen zeitlich gestaffelt. Einen Überblick über die verschiedenen Anforderungen und Termine gewährt die nachfolgende Tabelle.

Maximal zulässige Gesamtemission pro Jahr	Zeitpunkt für die Einhaltung der Zielemission	
	Neuanlage oder. wesentlich geänderte Anlage	Altanlage
1,5 * Zielemission	ab Inbetriebnahme	ab dem 01.11.2005
Zielemission	ab dem 01.11.2004	ab dem 01.11.2007

Tabelle 5: Zeitliche Vorgaben zur Einhaltung der Zielemissionen

Die Berechnung der Zielemission erfolgt nach einem vorgeschriebenen Berechnungsschema<sup>1</sup> und mit definierten Berechnungsgrößen. Die Höhe der Berechnungsgrößen ist so festgelegt, dass bei Einhaltung der mit ihrer Hilfe berechneten Zielemission, eine gleichwertige Emissionsverminderung erreicht wird. Ein Nachweis der Gleichwertigkeit gegenüber der zuständigen Behörde wie im Falle der Anwendung des beliebigen Reduzierungsplanes ist bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen damit nicht mehr erforderlich. Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen ist der Stand der Technik der Emissionsbegrenzung zu berücksichtigen, so dass im Einzelfall höhere Emissionsminderungen erforderlich sein könnten<sup>2</sup>.

Folgende Parameter müssen zur Berechnung der Zielemission herangezogen werden:

- die im Bilanzzeitraum eingesetzte Feststoffmenge in den Beschichtungsstoffen,
- der Multiplikationsfaktor zur Ermittlung der jährlichen Bezugsemission sowie
- der Prozentsatz oder ein entsprechender Minderungsfaktor zur Ermittlung der Zielemission.

In Tabelle 6 sind die für die jeweiligen Anlagenarten in Abhängigkeit vom Lösemittelverbrauch festgelegten Berechnungsgrößen aufgeführt.

Bezeichnung der Anlage	Lösemittelverbrauch [t/a]	Multiplikationsfaktor	Prozentsatz	Minderungsfaktor
1.1 Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren	> 15	1,0	(30+5)	0,35
1.2 Illustrationstiefdruckverfahren	> 25	4	(10+5)	0,15
1.3 sonstige Drucktätigkeiten außer Rotations-siebdruck	> 15-25	2,5	(25+5)	0,3
	> 25	2,5	(20+5)	0,25
Rotationssiebdruck	> 15-25	1,5	(25+5)	0,3
	> 25	1,5	(20+5)	0,25
4.1 – 4.4 Fahrzeuglackierung	< 15	2,5	(25+15)	0,4

<sup>1</sup> Anhang IV Abschnitt B der 31. BImSchV

<sup>2</sup> § 4 Satz 3 der 31. BImSchV

Bezeichnung der Anlage	Lösemittelverbrauch [t/a]	Multiplikationsfaktor	Prozentsatz	Minde- rungs- faktor
4.5 Beschichtung von Schienenfahrzeugen	> 5 -15 > 15	1,5	(25+15) (20+5)	0,4 0,25
5.1 Fahrzeugreparaturlackierung		2,5	(25+15)	0,4
6.1 Bandbeschichtung	> 10	2,5	(3 + 5)	0,08
8.1 sonstigen Metall- oder Kunststoffbeschichtung				
• Sonstige Beschichtung	> 5 -15 > 15	1,5 1,5	(25+15) (20+5)	0,4 0,25
• Beschichtung bahnenförmiger Materialien	> 5 -15 > 15	1,5 1,5	(15+15) (10+5)	0,3 0,15
9.1- 9.2 Holzbeschichtung	> 5 -15 > 15 -25 > 25	4 3* 3*	(25+15) (25+15) (20+5)	0,4 0,4 0,25
10.1/10.2 Textil-, Gewebe-, Folien- oder Papieroberflächen	> 5 -15 > 15	4	(15+15) (10+5)	0,3 0,15
12.1 Holzimprägnieren	> 10	1,5	(45+5)	0,5
14.1 Klebebeschichtung				
• Sonstiger Betrieb	> 5 -15 > 15	3 3	(25+5) (20+5)	0,3 0,25
• Beschichtung bahnenförmiger Materialien	> 5 -15 > 15	3 3	(15+5) (10+5)	0,2 0,15
Beschichtungen, die mit Lebensmittel in Berührung kommen; Beschichtungen für die Luft- und Raumfahrt	siehe Nr. 8.1, 10.1, 10.2 oder 14.1	2,33 2,33	siehe Nr.. 8.1, 10.1, 10.2 oder 14.1	

\* Für Applikationsverfahren mit einem Auftragswirkungsgrad von > 85 % (z.B. Walzen) kann der Multiplikationsfaktor 4 zugrunde gelegt werden.

Tabelle 6: Berechnungsgrößen zur Erstellung eines spezifischen Reduzierungsplans

Die Vorgaben zur Durchführung des spezifischen Reduzierungsplanes werden im folgenden näher beschrieben.

#### 4.2.1 Ermittlung der Feststoffmenge

Als Feststoffe gelten alle Stoffe in den Lacken, Druckfarben, Klebstoffen oder in den sonstigen Beschichtungsstoffen, die nach dem Verdunsten der flüchtigen organischen Verbindungen oder des Wassers auf der Oberfläche verbleiben. Zu den Feststoffen zählen u.a. Bindemittel, Pigmente oder Füllstoffe<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Anhang IV Abschnitt B der 31. BImSchV

<sup>2</sup> gemäß Anhang IV, Abschnitt B, Nr. 2

Die Mengenermittlung der Feststoffe sollte parallel zur Ermittlung des Lösemittelgehalts der Einsatzstoffe erfolgen. Die entsprechenden Daten sind den DIN-Sicherheitsdatenblättern zu entnehmen, beim Hersteller bzw. Lieferanten zu erfragen oder bei Einsatz eines betrieblichen Materialwirtschaftsprogramms abzufragen. Bei der Ermittlung sind die Lageranfangs- und Lagerendbestände des Bilanzzeitraumes zu berücksichtigen.

#### **4.2.2 Berechnung der Bezugsemission**

Die Bezugsemission ist eine rechnerische Größe. Sie stellt eine fiktive Gesamtemission dar, die bei Einsatz konventioneller lösemittelhaltiger Beschichtungsstoffe ohne Anwendung emissionsmindernder Maßnahmen aus einer Anlage freigesetzt würde.

Ausgangspunkt für die Berechnung der Bezugsemission war die Überlegung, dass bei einer konventionellen Beschichtungsanlage Beschichtungsstoffe mit einem für die jeweilige Branche typischen durchschnittlichen Lösemittel- und Feststoffgehalt eingesetzt werden. Hierbei stellt der Feststoff die einzige relativ konstante Größe im Beschichtungsprozess dar, da nur er für die erwünschte Schicht erforderlich ist. Pro verarbeitete Feststoffmenge wird branchenabhängig eine bestimmte Menge an VOC freigesetzt unter der Voraussetzung, dass keinerlei nachgeschaltete Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung eingesetzt werden. Diese Emissionsmenge stellt die zugrundezuliegende Bezugsemission (oder auch Referenzemission) des Reduzierungsplans dar, sie wird mit der nachfolgenden Formel berechnet:

$$\text{Bezugsemission} = \text{Feststoffmenge} * \text{Multiplikationsfaktor}$$

Der Multiplikationsfaktor steht hierbei für den in den verschiedenen Branchen ermittelten Stand der angewandten Beschichtungstechnik; er gibt an, welche Menge Lösemittel pro eingesetzte Feststoffmenge durchschnittlich emittiert wird. Die Branchen und zugeordneten Multiplikationsfaktoren sind in Tabelle Spalte 3 dargestellt.

Bei der Festlegung des Multiplikationsfaktors z.B. im Bereich der Holzbeschichtung wurde davon ausgegangen, dass die Beschichtungsstoffe durchschnittlich 35 % Feststoff und 65 % organische Lösemittel enthalten. Die Lösemittel aus den Beschichtungsstoffen werden vollständig emittiert. Zu dieser Emissionsmenge aus den Beschichtungsstoffen werden zusätzlich die Emissionen aus den eingesetzten Verdünnungen (durchschnittlich ca. 20 bis 30 % der Lösemittelmenge der Beschichtungsstoffe) und die aus dem Reinigereinsatz resultierenden Emissionen (Schätzwert ca. 20 % der Lösemittelmenge der Beschichtungsstoffe) hinzugezählt. Die Summe die-

ser Teilmengen ergibt die emittierte Gesamtlösemittelmenge, wenn die entsprechende Feststoffmenge auf eine Oberfläche aufgebracht wird. Teilt man die Lösemittelmenge durch die Festkörpermenge dann erhält man Werte zwischen 2,6 und 2,8.

Bei der Umsetzung der EG-Lösemittelrichtlinie wurde deshalb der Multiplikationsfaktor zur Bestimmung der Bezugsemission für die Holzbranche von „4“ auf „3“ herabgesetzt.

#### 4.2.3 Berechnung der Zielemission

Die errechnete Bezugsemission ist Ausgangspunkt für die Berechnung der Zielemission. Die Zielemission ist eine maximal zulässige Grenze für die Gesamtemission, sie darf nicht höher sein als die Emissionen, die bei Einhaltung der Anforderungen nach Anhang III von der Anlage ausgehen würden.

Zur Bestimmung der Zielemission ging man von der Annahme aus, dass bei Umsetzung der Anforderungen des Anhangs III die gefassten Emissionen durch nachgeschaltete Abgasreinigungseinrichtungen weitgehend zerstört werden. Neben den diffusen Emissionen würden dann nur noch die nicht abgeschiedenen Lösemittel im Reingas aus der Anlage emittiert werden. Die Zielemission wird daher mit Hilfe eines Prozentsatzes berechnet, der sich aus der Summe

- des jeweils vorgegebenen Grenzwertes für diffuse Emissionen und
- einem definierten Wert<sup>1</sup> für den Anteil der erfassten, aber nicht abgeschiedenen VOC- Emissionen

ergibt.

Der branchenspezifisch festgelegte Prozentsatz ist dem Anhang IV der Lösemittelverordnung zu entnehmen oder aus der Tabelle Spalte 4 ersichtlich. Diese Tabelle enthält zusätzlich einen Minderungsfaktor in Spalte 5 zur einfacheren Berechnung der Zielemission.

Die Zielemission wird mit den nachfolgenden Gleichungen berechnet:

$$\text{Zielemission} = \text{Bezugsemission} * \text{Prozentsatz}$$

oder

---

<sup>1</sup> dieser Wert beruht auf dem Wirkungsgrad der in der EU nach dem Stand der Technik eingesetzten Abgasreinigungstechnik: für kleinere Beschichtungsanlagen wurde ein Wirkungsgrad der Abgasreinigungsanlage von 85 % und für größere von 95 % zugrundegelegt, so dass sich entsprechende Werte im Reingas von 15 % oder 5 % der eingesetzten Lösemittel ergeben.

$$\text{Zielemission} = \text{Bezugsemission} * \text{Minderungsfaktor}$$

Die Berechnung der Bezugs- und Zielemission kann in einem Schritt erfolgen, wenn die Menge des Feststoffs, multipliziert mit dem Multiplikationsfaktor, direkt in die Formel einbezogen wird:

$$\text{Zielemission} = \text{Feststoff} * \text{Multiplikationsfaktor} * \text{Minderungsfaktor}$$

### 4.3 Vereinfachter“ Reduzierungsplan

Der „vereinfachte“ Reduzierungsplan ist ein **vereinfachter Nachweis** für die Einhaltung der Zielemissionen des spezifischen Reduzierungsplans, bei dessen Anwendung die aufwendige Lösemittelbilanzierung nicht mehr erforderlich ist. Er kann in dem Fall angewandt werden, wenn nur Einsatzstoffe mit einem sehr niedrigen und definierten Lösemittelgehalt eingesetzt werden und wird nur bestimmten Anlagen, vor allem nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, eröffnet. In der Tabelle 7 sind diejenigen Anlagen aufgeführt, die einen vereinfachten Nachweis in Anspruch nehmen können.

Die in Spalte 3 aufgeführten VOC-Werte beziehen sich immer auf den anwendungsfertigen Beschichtungsstoff. Sie gelten grundsätzlich für jeden einzelnen Beschichtungs- bzw. Einsatzstoff und nicht als Summenparameter über alle Einsatzstoffe.

Der VOC-Wert der jeweiligen Beschichtungsstoffe muss einheitlich mit der in der Verordnung vorgegebenen Berechnungsformeln<sup>1</sup> i.d.R. durch die Beschichtungsstoffhersteller bestimmt worden sein. Dabei sind die Normen DIN ISO 11890 - 1 und -2 heranzuziehen.

---

<sup>1</sup> Anhang VI Nr.4 der 31. BImSchV

Anlagen der Nr.	Schwellenwertbereich	Verbindliche Erklärung des Betreibers gegenüber der zuständigen Behörde über
1.3	ohne	ausschließlich Einsatz von Druckfarben, Klarlacken, Kleb- und Hilfsstoffen mit einem Lösemittelgehalt < 10 %
4.1 - 4.5, 8.1	5-15 t/a	ausschließlich Einsatz von Beschichtungsstoffen mit einem VOC-Wert $\leq 250$ g/l sowie Reinigungsmitteln mit einem Lösemittelgehalt < 20 %
9.1	5-15 t/a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausschließlich Einsatz von Beschichtungsstoffen mit einem VOC-Wert <math>\leq 250</math> g/l bei Beschichtung von ebenen und planen Oberflächen</li> <li>• ausschließlich Einsatz von Beschichtungsstoffen mit einem VOC-Wert <math>\leq 450</math> g/l bei Beschichtung von sonstigen Oberflächen</li> <li>• ausschließlich Einsatz von wässrigen Beizen mit einem VOC-Wert von 300 g/l</li> </ul>
5.1	ohne	ausschließlich Einsatzstoffe mit den im Anhang IV, Abschnitt C, Nr. 4 genannten VOC-Werten
10.1	ohne	Einhaltung der Emissionsfaktoren <ul style="list-style-type: none"> <li>• beim Beschichten und Bedrucken von 0,8 g C/kg Textil</li> <li>• bei Verschleppung und Restgehalt der Präparationen von 0,4 g C/kg Textil</li> </ul>
13.1, 14.1	5 –15 t/a	ausschließlich Einsatz von Klebstoffen und Primer mit einem Lösemittelgehalt von < 5 %

Tabelle 7: Anlagen mit vereinfachtem Reduzierungsplan

Betreiber, die den „vereinfachten“ Reduzierungsplan in ihren Anlagen anwenden wollen, müssen der zuständigen Behörde über den Einsatz lösemittelarmer oder –freier Stoffe eine verbindliche Erklärung abgeben

Im Gegensatz zum spezifischen Reduzierungsplan wurden für die Anwendung des vereinfachten Nachweises keine zeitlich abgestuften Anforderungen an die Emissionsminderung vorgesehen. Wer diesen begünstigten Weg der Nachweisführung gehen möchte, sollte deshalb die entsprechenden lösemittelarmen Stoffe bereits zum Zeitpunkt der ersten Emissionsminderungsstufe des Reduzierungsplanes (Zeitpunkt für die Einhaltung der 1,5-fachen Zielemission) einsetzen. Damit wird sichergestellt, dass die EG-Lösemittelrichtlinie, die diesen vereinfachten Nachweis nicht vorgesehen hat, in jedem Fall eingehalten wird. Wenn dieser Auffassung gefolgt würde, müsste die verbindliche Erklärung dann bei Altanlagen spätestens bis zum 31.10.2005, bei Neuanlagen ab Inbetriebnahme vorliegen.

Andernfalls müsste für die erste Emissionsminderungsstufe der EG-konformen Weg über den spezifischen Reduzierungsplan gegangen werden.

Kleine Altanlagen zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen (Nr. 9.1), die zusätzlich in die Verordnung aufgenommen wurden, müssen die verbindliche Erklärung bis zum 31.12.2012 vorliegen haben.

Die Ausgestaltung der verbindlichen Erklärung wird von den zuständigen Länderbehörden vorgenommen. Sie könnte zum Beispiel die folgenden Angaben für Anlagen der Nr. 9.1 enthalten.

<b>ERKLÄRUNG ÜBER DEN VOC-WERT DER EINGESETZTEN BESCHICHTUNGSSTOFFE</b>	
Firma:	_____
Straße:	_____
PLZ:	_____
Ansprechpartner:	_____
Telefon:	_____
Telefax:	_____
Adresse der Betriebsan- lage:	_____
wie oben <input type="checkbox"/>	_____
Branche:	_____
In o.g. Betriebsanlage werden	
• zum Beschichten von planen und ebenen Oberflächen ausschließlich Beschichtungsstoffe mit einem VOC-Wert $\leq 250$ g/l,	<input type="checkbox"/>
• zum Beschichten sonstiger Oberflächen ausschließlich Beschichtungsstoffe mit einem VOC-Wert $\leq 450$ g/l und	<input type="checkbox"/>
• ausschließlich wässrige Beizen mit einem VOC-Wert $\leq 300$ g/l eingesetzt.	<input type="checkbox"/>
Die Dokumentation der eingesetzten Beschichtungsstoffe wird durchgeführt und kann der Behörde auf Verlangen vorgelegt werden.	
Datum:	Unter- schrift:
_____	_____

Abbildung 13: Mögliche Ausgestaltung einer verbindlichen Erklärung zum vereinfachten Reduzierungsplan für Anlagen der Nr. 9.1

## 5 Die Lösemittelbilanz

Die Lösemittelbilanz ist im deutschen Immissionsschutzrecht ein neues Planungs- und Nachweisinstrument, das durch die Lösemittelverordnung eingeführt wird.

Ziel des neuen Planungsinstrumentes ist es, den Anlagenbetreibern eine genaue Übersicht über die Mengen der Lösemittel zu geben, die in ihrer Anlage eingesetzt werden (Input) und auf verschiedenen Austragspfaden die Anlage wieder verlassen (Output). Aufbauend darauf können die für eine optimale Emissionsminderung erforderlichen Maßnahmen erarbeitet werden.

Als Nachweisinstrument dient die Lösemittelbilanz der Bestimmung des Lösemittelverbrauchs und der Kontrolle, dass die Anforderungen der Verordnung eingehalten wurden.

Für anzeigepflichtige und genehmigungsbedürftige Anlagen haben die Betreiber jährlich die Einhaltung der Grenzwerte für Gesamtemissionen und für diffuse Emissionen oder die Einhaltung des Reduzierungsplans (Zielemission) mit einer Bilanz festzustellen oder feststellen zu lassen.<sup>1</sup>

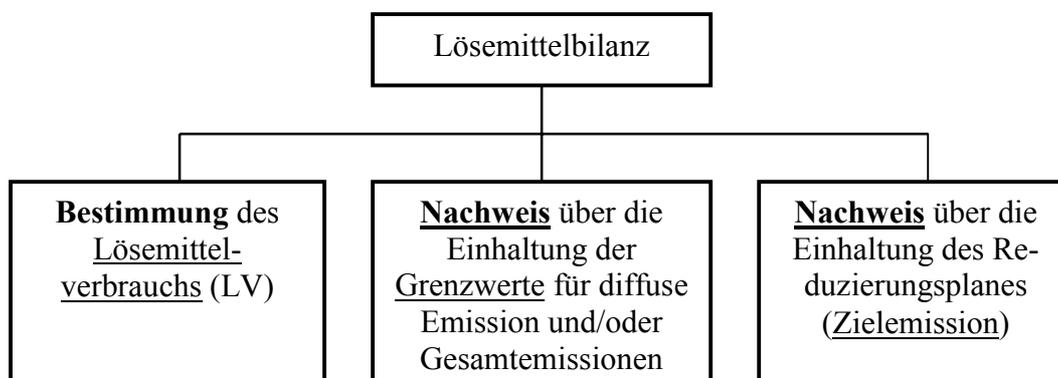


Abbildung 14: Anwendungsbereiche der Lösemittelbilanz

Im Anhang V der Verordnung werden die allgemeinen Grundlagen der Lösemittelbilanzierung beschrieben. Der Rahmen der Bilanzierung ist weit gefasst. Er berücksichtigt die möglichen Lösemittelin- und -austräge aller im Geltungsbereich erfassten Anlagenarten. Es müssen jedoch die einzelnen Ein- und Austräge nicht bei jeder Anlagenart vorhanden sein und berücksichtigt werden.

---

<sup>1</sup> gemäß § 5 Abs. 6 und § 6 Abs. 1 der 31. BImSchV

Im Folgenden werden die Input- und Outputströme zum besseren Verständnis erläutert. Es wird aufgezeigt, welche der Stoffströme erfasst und wie die entsprechenden Daten ermittelt werden können. Zur Verdeutlichung werden im Kapitel 6 Fallbeispiele aufgeführt.

## 5.1 Definitionen Input / Output

Während der Umsetzung der EG-Lösemittelrichtlinie in nationales Recht hat sich gezeigt, dass eine eindeutige und klare Bestimmung der Ein- und Austräge<sup>1</sup> der Lösemittelbilanz unbedingt erforderlich ist.

Abbildung 15 veranschaulicht die möglichen Ein- und Austräge (Stoffströme) von Lösemitteln einer Anlage. Die mit gestrichelten Pfeilen dargestellten und kursiv geschriebenen Austräge zählen zu den diffusen Emissionen (F)<sup>2</sup>. Bei Anlagen bestimmter Tätigkeiten zählen die VOC-Emissionen im gefassten, unbehandelten Abgas (O1.2) ebenfalls zu den diffusen Emissionen (s. Kap.5.1.2).

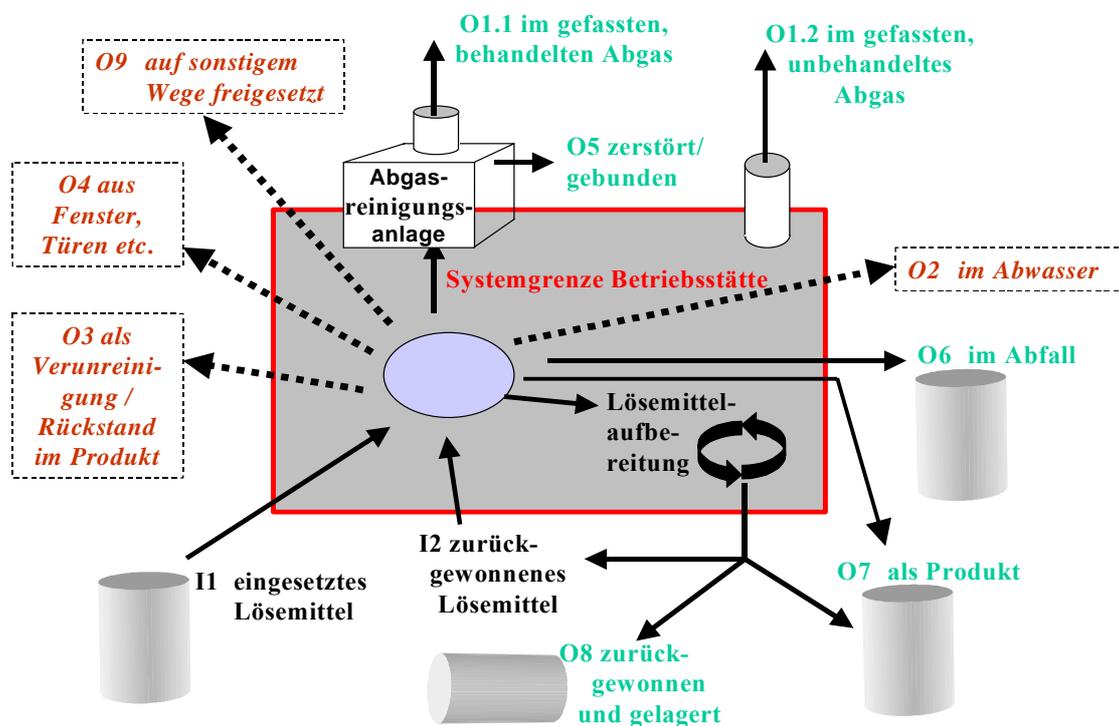


Abbildung 15: Darstellung der Input- und Outputströme [6]

<sup>1</sup> Definitionen des Input und Output in Anhang V der 31. BImSchV

<sup>2</sup> Def. gemäß § 2 Nr. 6 in Verbindung mit Nr. 2.2.2 des Anhangs V der 31. BImSchV

Eine Übersicht über die Input- und Outputströme, ihre Definitionen und Kurzbezeichnungen zeigt Tabelle 8.

<b>Stoffstrom</b>	<b>Definition</b>	<b>Kurzform</b>
<b>I1</b>	Menge org. Lösemittel oder ihre Menge in gekauften Zubereitungen	<b>gekauft, eingesetzt</b>
<b>I2</b>	Menge org. Lösemittel oder ihre Menge in zurückgewonnenen Zubereitungen, die in der Anlage als Lösemittel zur Wiederverwendung eingesetzt wird.	<b>zurückgewonnen, im selben Prozess eingesetzt</b>
<b>O.1</b>	VOC-Emissionen in gefassten Abgasen	<b>im gefassten Abgas</b>
<b>O1.1</b>	VOC-Emissionen in gefassten behandelten Abgasen	<b>im Reingas</b>
<b>O1.2</b>	VOC-Emissionen in gefassten unbehandelten Abgasen	<b>im gefassten, unbehandelten Abgas</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	Menge org. Lösemittel im Abwasser, ggf. unter Berücksichtigung der Abwasseraufbereitung bei der Berechnung von O5	<b>im Abwasser</b>
<b>O3</b>	Menge organischer Lösemittel, die als Verunreinigung oder Rückstand im Endprodukt verbleibt	<b>Rückstand im Produkt</b>
<b>O4</b>	diffuse Emissionen (Def. nach Art.1 §2 Nr.6) <u>in die Luft</u> : Alle in nicht gefassten Abgasen einer Anlage enthaltenen VOC-Emissionen, die durch Fenster, Türen, Entlüftungsschächte und ähnliche Öffnungen in die Umwelt gelangen.	<b>diffus in die Luft</b>
<b>O5</b>	Menge org. Lösemittel und/oder org. Verbindungen, die aufgrund chemischer oder physikalischer Reaktionen, z.B. durch Verbrennung oder Aufbereitung von Abgasen oder Abwasser vernichtet oder aufgefangen werden, sofern sie nicht unter O6, O7 oder O8 fallen.	<b>zerstört/gebunden</b>
<b>O6</b>	Menge org. Lösemittel, die im eingesammelten Abfall enthalten ist	<b>im Abfall</b>
<b>O7</b>	org. Lösemittel oder in Zubereitungen enthaltene organische Lösemittel, die als Produkt verkauft werden oder verkauft werden sollen, z.B. Lacke, Farben oder Klebstoffe als Verkaufsprodukte der Herstellungsprozesse	<b>als Produkt</b>
<b>O8</b>	Menge org. Lösemittel, die zur Wiederverwendung zurückgewonnen wurde oder in für die Wiederverwendung zurückgewonnenen Zubereitungen enthalten ist, jedoch nicht als I2 oder O7 gilt	<b>zurückgewonnen, gelagert</b>
<b>O9</b>	Org. Lösemittel, die auf sonstigem Wege freigesetzt werden, z.B. Tropfverluste, Havarie	<b>sonstiges</b>

Tabelle 8: Definitionen und Kurzbezeichnungen des Input / Output

Die Lösemittelbilanzierung bezieht sich auf den Zeitraum eines Kalenderjahres oder eines beliebigen Zwölfmonatszeitraums und erfolgt für Anlagen

einer Tätigkeit innerhalb der Betriebsstätte, die gleichzeitig die Systemgrenze der Bilanzierung bildet. Betrachtet werden also nur Lösemittel, die in die Betriebsstätte hineingetragen, aus ihr ausgetragen oder innerhalb der Betriebsstätte zurückgewonnen werden.

### **5.1.1 Input (Lösemittleinsatz)**

Der Eintrag organischer Lösemittel in eine Anlage Input I wird unterteilt in Input I1 und I2.

#### **Input I1 (eingekauft, eingesetzt)**

ist die Menge der eingekauften organischen Lösemittel sowie die Menge in gekauften Zubereitungen, die in einer Anlage eingesetzt werden.

Zu ermitteln ist hier die gekaufte und eingesetzte Lösemittelmenge innerhalb des zugrundegelegten Zwölfmonatszeitraums. Dabei sind nicht nur ausschließlich Lösemittel, wie Reiniger und Verdüner, sondern alle lösemittelhaltigen Einsatzstoffe zu berücksichtigen, also Beschichtungsstoffe, wie z.B. Farben, Lacke, Spachtel, Wachs etc. Für die Lösemittelbilanzierung sind aber nur die Lösemittelanteile der Zubereitungen heranzuziehen. Die Mengenangabe erfolgt in Kilogramm und muss, bei Angabe in Liter, mittels der Dichte umgerechnet werden.

Bei geschlossenen Anlagen im Bereich der Oberflächen- und der Textilreinigung, z.B. Vakuumanlagen, ist neben den Hilfsstoffen lediglich das innerhalb eines Zwölfmonatszeitraums nachgefüllte Lösemittel als I1 anzugeben. Das in den Tanks der Anlagen befindliche Lösemittel bleibt unberücksichtigt, auch die Erstbefüllung.

#### **Input I2 (zurückgewonnen, im selben Prozess eingesetzt)**

ist die Menge organischer Lösemittel oder ihre Menge in zurückgewonnenen Zubereitungen, die in der Anlage als Lösemittel zur Wiederverwendung eingesetzt wird. Das zurückgewonnene Lösemittel wird jedes Mal dann als I2 erfasst, wenn es dazu verwandt wird, die Tätigkeit auszuführen.

Input I2 wird erhoben, um die insgesamt eingesetzte Lösemittelmenge (I) zu bestimmen. Die Gesamtmenge ist für die Berechnung der diffusen Emissionen (F) erforderlich (s. Kap. 5.3.1 S.45).

Zurückerkorbene Lösemittel, die aus der externen Aufbereitung von Lösemittelabfällen stammen, müssten als eingekauftes und eingesetztes Lösemittel (I1) und nicht als I2 (zurückgewonnen und im selben Prozess eingesetzt) bilanziert werden.

Nicht alle betriebsintern z.B. durch Adsorption oder Destillation zurückgewonnenen Lösemittel oder Zubereitungen zählen zu I2.

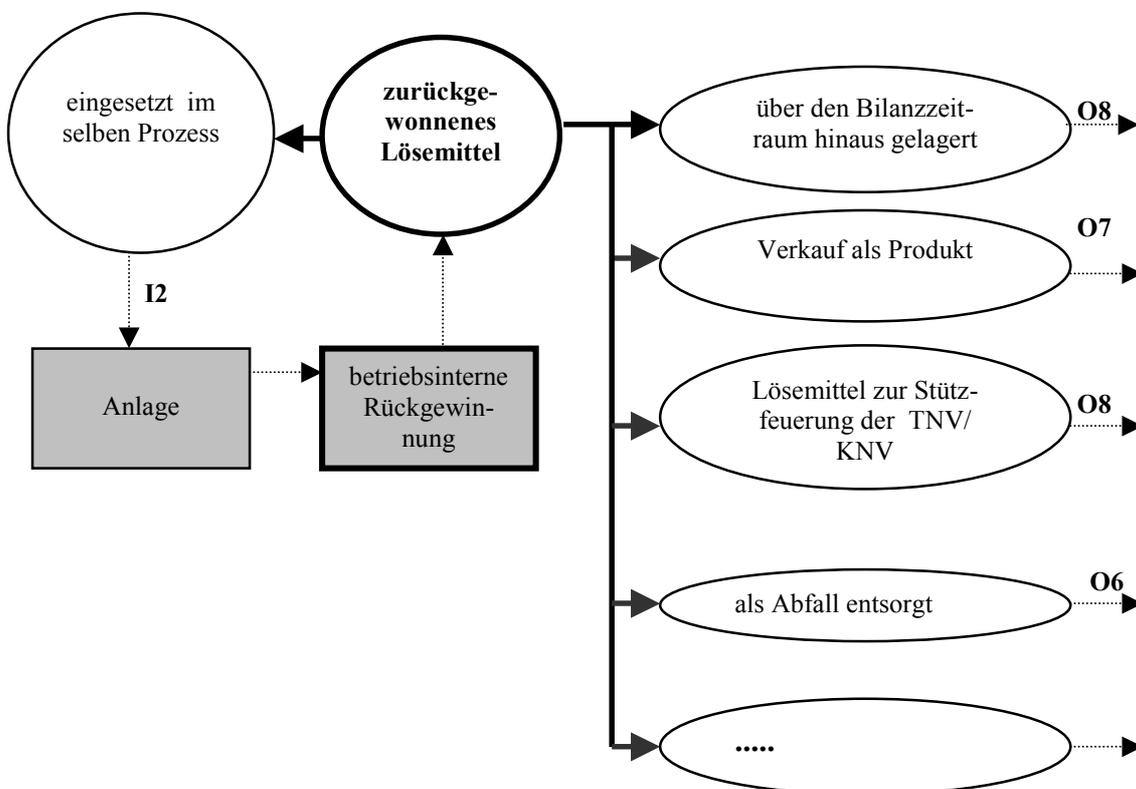


Abbildung 16: Einsatz- und Bilanzierungsmöglichkeiten von zurückgewonnenen Lösemitteln

In Abbildung 16 sind Möglichkeiten dargestellt, die zurückgewonnenen Lösemittel zu verwenden. Je nach Verwendung gehen die Lösemittel folgendermaßen in die Bilanz ein:

- Das aufbereitete Lösemittel oder deren Anteil in Zubereitungen wird in derselben Anlage/demselben Prozess eingesetzt. Erst in diesem Moment findet das zurückgewonnene Lösemittel als **I2** in der Bilanz Berücksichtigung (z.B. Wiedereinsatz als Verdünner oder Reiniger).
- Der Verkauf von zurückgewonnenen Lösemitteln, z.B. adsorptiv zurückgewonnenes Toluol in der Druckindustrie, wird als Output **O7** (als Produkt) bewertet.
- Zurückgewonnenes, im Bilanzzeitraum nicht eingesetztes und über den Bilanzzeitraum hinaus gelagertes Lösemittel gilt als Output **O8**.

- Lösemittel als Stützfeuerung in der Nachverbrennung  
In einer Anlage werden Lösemittel aus der Abluft durch Adsorption zurückgewonnen und einer thermischen Nachverbrennung (TNV) als Stützfeuerung zugeführt. Das zurückgewonnene und eingesetzte Lösemittel findet keine Berücksichtigung auf der Eintragsseite als I2, da es sich nicht um einen Einsatz in dem selben Prozess handelt, sondern auf der Austragsseite als **O8**.
- Das zurückgewonnene Lösemittel wird als Abfall betriebsextern entsorgt, es zählt dann unabhängig von der Art der Entsorgung (energetische Verwertung oder Wiederaufbereitung) als **O6**.

### 5.1.2 Output (Lösemittelausträge)

Output O umfasst alle Austräge organischer Lösemittel aus einer Anlage. Sie unterteilen sich in Outputteilströme O1 bis O9, wobei O2, O3, O4 und O9 als diffuse Emissionen<sup>1</sup> bezeichnet werden.

#### **Output O1 (im gefassten Abgas)**

umfasst die Emissionen in gefassten Abgasen, die aus einer Anlage abgeleitet werden. O1 setzt sich i.d.R. aus O1.1 und O1.2 zusammen. Bei bestimmten Anlagen, insbesondere Beschichtungsanlagen, wird O1.2 allerdings zu den diffusen Emissionen gezählt.

O1.1 (im Reingas) sind die VOC-Emissionen in den gefassten behandelten Abgasen. Es handelt sich also um die Abgase (einschließlich der Raumluft), die aus einer gekapselten Maschine oder aus einem Arbeitsbereich einer Abgasreinigungsanlage zugeführt und behandelt worden sind (Abbildung 17 Nr. 6 und 7).

O1.2 (im unbehandelten Abgas) sind die VOC-Emissionen in den gefassten unbehandelten Abgasen. Dazu zählen die Abgase aus einer gekapselten Maschine oder einem Arbeitsbereich sowie die Raumluft selbst, die unbehandelt über Dach abgeleitet werden (Abbildung 17 Nr. 4 und 5).

#### **Output 2 (im Abwasser)**

ist die Menge organischer Lösemittel, die mit dem Abwasser aus dem Betrieb ausgetragen wird. Sie zählt zu den diffusen Emissionen

Wird das mit Lösemittel kontaminierte Abwasser im Betrieb aufbereitet, findet die Menge an zerstörten oder an das Sorptionsmittel gebundenen Lösemitteln als Output O5 Eingang in die Bilanzierung (s. Output O5).

---

<sup>1</sup> § 2 Nr. 6 in Verbindung mit Anhang V Nr. 2.2.2 der 31. BImSchV

In einigen Betrieben wird das mit Lösemittel kontaminierte Abwasser als Abfall entsorgt. Damit entfällt der Stoffstrom O2, die Lösemittelmenge wird unter Output O6 bilanziert.

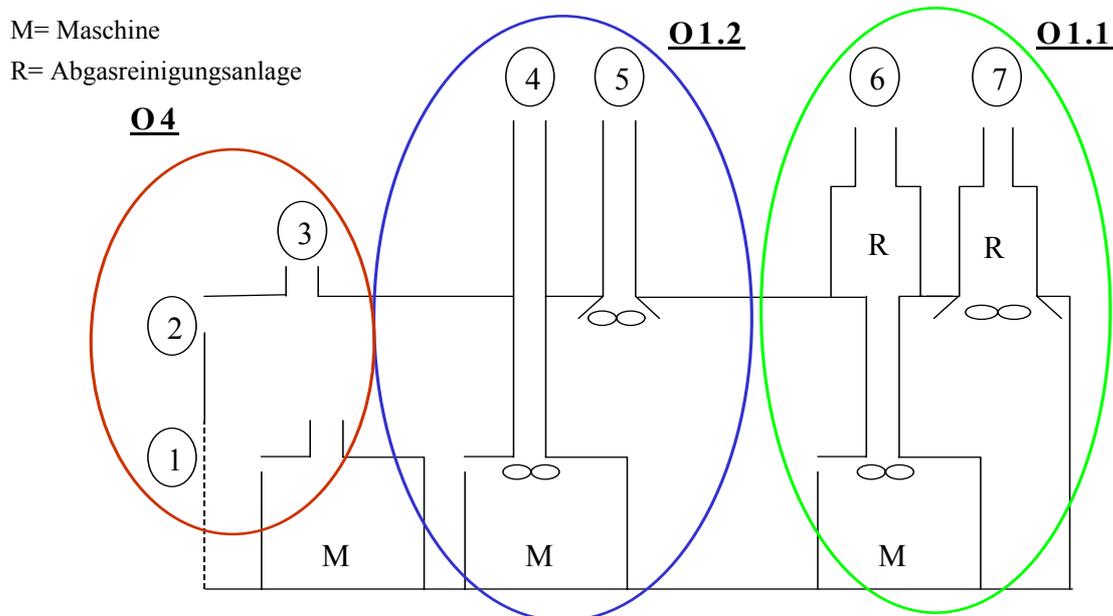


Abbildung 17: Gefasste Abgase und diffuse Emissionen in die Luft

### Output 3 (Rückstand im Produkt)

ist die Menge organischer Lösemittel, die als Verunreinigung oder Rückstand im Endprodukt verbleibt, wie z.B. in Druckerzeugnissen, Beschichtungsstoffen oder Klebungen. Sie zählt zu den diffusen Emissionen.

Eine Ausnahme bildet Output O3 bei Anlagen mit dem Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren<sup>1</sup>. Für diese Anlagen wird in der Lösemittelverordnung bestimmt, dass der Lösemittelrückstand im Endprodukt (O3) nicht als Teil der diffusen Emissionen (F) gilt. Es handelt sich um den Teil der hochsiedenden Mineralöle in den Druckfarben, die ins Papier weggeschlagen (ins Papier einziehen) und im Trockner nicht ausgetrieben werden. Sie sind unter Normalbedingungen nicht flüchtig.

<sup>1</sup> siehe Anhang III Nr. 1.1.2 Anlagen mit dem Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren

#### **Output 4 (diffus in die Luft)**

ist der Teil der diffusen Emissionen, die ungefasst in die Luft freigesetzt werden (s. Abbildung 17 Nr. 1, 2, 3).

#### **Output 5 (gebunden/zerstört)**

ist die Menge organischer Lösemittel und flüchtiger organischer Verbindungen, die aufgrund chemischer oder physikalischer Reaktionen, beispielsweise durch Verbrennung oder durch die Aufbereitung von Abgasen oder Abwasser vernichtet oder aufgefangen wird.

Im allgemeinen handelt es sich bei O5 um die irreversible Zerstörung der Lösemittel durch chemische Reaktionen, z.B. Verbrennung. Bei Lösemitteln, die durch Abgas- oder Abwasseraufbereitung nicht zerstört, sondern physikalisch gebunden werden, gilt O5 i.d.R. als Zwischenstufe, da die gebundene Lösemittelmenge meist in anderen Austrägen wiederzufinden ist (i.d.R. O6 oder auch O2).

Beispiel: Das Lösemittel im Abgas wird an Aktivkohle adsorbiert. Die gebundene Lösemittelmenge wird als O5 bestimmt. Bei der Entsorgung der beladenen Aktivkohle wird der Wert von O5 als Lösemittelgehalt im Abfall (O6) übernommen. Ähnliches gilt, wenn das gebundene Lösemittel O5 betriebsintern durch Desorption zurückgewonnen und als Produkt O7 (z.B. Reiniger) verkauft oder über den Bilanzzeitraum hinaus als O8 gelagert wird. In solchen Fällen gilt O5 als Zwischenstufe und ist in der Lösemittelbilanz nicht zu berücksichtigen.

Um als O5 in der Bilanzierung Berücksichtigung zu finden, darf der Austrag also nicht bereits unter O6 (im Abfall), O7 (im Produkt) oder O8 (zurückgewonnen, gelagert) eingeordnet worden sein.

#### **Output 6 (im Abfall)**

ist die Menge organischer Lösemittel, die im eingesammelten Abfall enthalten ist, wie z.B. in verunreinigten Lösemitteln, in Lack- und Destillations-schlämmen, in Altfarben und -lacken, Putzlappen oder beladener Aktivkohle etc..

#### **Output 7 (im Produkt)**

sind organische Lösemittel, die als Bestandteil von Produkten oder Zubereitungen verkauft werden oder verkauft werden sollen. Das sind insbesondere Lösemittel in Produkten aus Anlagen der Herstellung z.B. von Lacken, Farben, Druckfarben oder Klebstoffen.

Unter O7 werden aber auch die betriebsintern zurückgewonnenen Lösemitteln verstanden, die als Lösemittel an Dritte verkauft werden.

### **Output 8 (zurückgewonnen, gelagert)**

ist die Menge organischer Lösemittel, die zur Wiederverwendung zurückgewonnen wurde oder in für die Wiederverwendung zurückgewonnenen Zubereitungen enthalten ist und die im Bilanzzeitraum betriebsintern in einem anderen Prozess eingesetzt wird, also nicht im selben Prozess<sup>1</sup> zum Einsatz kommt.

Beispiel: In dem Bilanzzeitraum werden organische Lösemittel zurückgewonnen. Nur ein Teil wird als I2 in dem selben Prozess eingesetzt. Der Überschuss wird in der Betriebsstätte über den Bilanzzeitraum hinaus gelagert. Er geht als O8 in die Bilanz ein. Im darauffolgenden Bilanzzeitraum müsste es bei der Bestimmung des Lösemittelverbrauchs unter I1 verbucht werden.

### **Output 9 (sonstige)**

Hierzu zählen die organischen Lösemittel, die auf sonstigen Wegen freigesetzt werden.

O9 gilt als Auffanggröße. Alle nicht genannten Emissionspfade werden hierunter zusammengeführt, u.a. der Austritt von Lösemitteln in den Boden durch Tropfverluste oder bei Havarien.

## **5.2 Bestimmung des Lösemittelverbrauchs (LV)**

Der Lösemittelverbrauch (LV) errechnet sich gemäß Lösemittelbilanz<sup>2</sup> aus den innerhalb eines beliebigen Zwölfmonatszeitraumes gekauften und eingesetzten Lösemitteln (I1). Von dieser Menge werden die zur Wiederverwendung zurückgewonnenen Lösemittel (O8) subtrahiert, wenn sie nicht als Produkt (O/7) verkauft oder im selben Prozess (I2) eingesetzt worden sind.

$$LV = I1 - O8$$

Zur Erstabschätzung des Lösemittelverbrauchs ist es ausreichend, die Gesamtmenge der Einsatzstoffe unabhängig vom jeweiligen Lösemittelgehalt zu ermitteln. Liegt der Zahlenwert unterhalb des Schwellenwertes, ist eine weitere Berechnung nicht erforderlich. Hier kann mit Sicherheit davon

---

<sup>1</sup> in dem Fall, wäre es als I2 zu bilanzieren.

<sup>2</sup> Anhang V Nr. 2.1.1 der 31. BImSchV

ausgegangen werden, dass der Betrieb nicht in den Anwendungsbereich der Verordnung fällt.

Liegen der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs Durchschnitts- und Erfahrungswerten der Branche zu Grunde und ergibt sich ein Lösemittelverbrauch knapp unter einem vorgegebenen Schwellenwert, dann muss der Betreiber den Lösemittelverbrauch mit exakten Erhebungsdaten berechnen, um ein eindeutiges Ergebnis zu erzielen.

### 5.3 Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte

Betreiber anzeigepflichtiger und genehmigungsbedürftiger Anlagen müssen die Gesamtemissionen und diffusen Emissionen dahingehend überprüfen, ob die entsprechenden Anforderungen insbesondere die Grenzwerte für die Gesamtemissionen und die diffusen Emissionen, eingehalten werden<sup>1</sup>.

#### 5.3.1 Bestimmung der diffusen Emissionen (F)

Die diffusen Emissionen (F) lassen sich auf zwei Arten bestimmen, mit der **direkten** oder der **mittelbaren Methode**<sup>2</sup>.

Dabei ist auf die Zuordnung der Emissionen in den gefassten, unbehandelten Abgasen (O1.2) zu achten. Wird der Austrag O1.2

- nicht zu den diffusen Emissionen (F) gezählt, gilt die Gleichungsvariante a,
- mit Zuordnung zu den diffusen Emissionen (F) gilt die Variante b.

Die **direkte Methode** addiert die emittierten Lösemittel im Abwasser (O2), im Produkt (O3) sowie die ungefassten Emissionen in die Luft (O4) und die auf sonstigen Weg freigesetzten Lösemittel (O9) auf zu den diffusen Emissionen (F).

Gleichung I a:

$$F = O2 + O3 + O4 + O9$$

gilt für Anlagen der Nummern<sup>3</sup>

- 1.2 Anlagen mit dem Illustrationstiefdruckverfahren,
- 2.1 Anlagen zur Oberflächenreinigung,

---

<sup>1</sup> vgl. § 5 Abs. 6 i.V.m. Anhang III und IV der 31. BImSchV

<sup>2</sup> Def. nach Anhang V Nr. 2.2 der 31. BImSchV

<sup>3</sup> nach Anhang I der 31. BImSchV

- 3.1 Chemischreinigungsanlagen,
- 4.1-4.5 Anlagen zur Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen, Fahrerhäusern, Nutzfahrzeugen, Bussen oder Schienenfahrzeugen ( $LV \geq 15$  t/a),
- 7.1 Anlagen zum Beschichten von Wickeldraht mit phenol-, kresol- oder xylohaltigen Beschichtungsstoffen,
- 7.2 Anlagen zum Beschichten von Wickeldraht mit sonstigen Beschichtungsstoffen,
- 10.1 Anlagen zum Beschichten oder Bedrucken von Textilien und Geweben
- 11.1 Anlagen zum Beschichten von Leder,
- 12.1 Anlagen zum Imprägnieren von Holz unter Verwendung von lösemittelhaltigen Holzschutzmitteln,
- 12.2 Anlagen zum Imprägnieren von Holz unter Verwendung von Teerölen (Kreosoten),
- 13.1 Anlagen zur Laminierung von Holz oder Kunststoffen,
- 15.1 Anlagen zur Herstellung von Schuhen,
- 16.1-16.4 Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen sowie Herstellung von Bautenschutz- oder Holzschutzmitteln, Klebstoffen oder Druckfarben,
- 17.1 Anlagen zur Umwandlung von Kautschuk,
- 18.1 Anlagen zur Extraktion von Pflanzenölen und tierischem Fett sowie Raffination von Pflanzenölen,
- 19.1 Anlagen zur Herstellung von Arzneimitteln

Gleichung I b:

$$F = O1.2 + O2 + O3 + O4 + O9$$

gilt für Anlagen der Nummern

- 1.1 Anlagen mit Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren,
- 1.3 Anlagen für sonstige Drucktätigkeiten,
- 5.1 Anlagen zur Reparaturlackierung von Fahrzeugen,
- 4.1-4.5 Anlagen zur Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen, Fahrerhäusern, Nutzfahrzeugen, Bussen oder Schienenfahrzeugen ( $LV \leq 15$  t/a),
- 6.1 Anlagen zum Beschichten vom Bandblech,
- 8.1 Anlagen zum Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen,
- 9.1-9.2 Anlagen zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen,
- 10.2 Anlagen zum Beschichten von Folien- oder Papieroberflächen,
- 14.1 Anlagen zur Klebebeschichtung

Mit der **mittelbaren Methode** werden die diffusen Emissionen indirekt bestimmt. Von der Menge an gekauften und eingesetzten Lösemitteln (I1) werden die aus dem Betrieb über das gefasste Abgas (O1), den Abfall (O6), das Produkt (O7) herausgeführten sowie die in der Abgasreinigung zerstörten oder gebundenen Lösemittel (O5) und die zur Wiederverwendung zurückgewonnenen Lösemittel (O8) subtrahiert.

**Gleichung II a:**

$$F = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

gilt für Anlagen wie unter Gleichung I a) aufgeführt

**Gleichung II b:**

$$F = I1 - O1.1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

gilt für Anlagen wie unter Gleichung I b) aufgeführt

Die Überprüfung der Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen erfolgt als Verhältnis der diffusen Emissionen (F) zum Gesamtlösemittelleinsatz (I1 + I2) mit der nachfolgenden Gleichung:

$$x [\%] = \frac{F}{(I1 + I2)} * 100$$

Ist der errechnete Wert x kleiner oder gleich dem Grenzwert für diffuse Emissionen des jeweiligen Tätigkeitsbereiches, gilt der Grenzwert als eingehalten.

### 5.3.2 Bestimmung der Gesamtemissionen

Die Gesamtemission ist die Summe aller diffusen Emissionen (F) und der Emissionen in den gefassten Abgasen (O1 oder O1.1).<sup>1</sup>

Zur Überprüfung der Einhaltung eines Gesamtemissionsgrenzwertes oder der Zielemission des Reduzierungsplans ist die Gesamtemission (E) je nach Zuordnung der Emissionen in gefassten unbehandelten Abgasen (O1.2) zu den diffusen Emissionen (F) anhand folgender Beziehung zu errechnen<sup>2</sup>:

**Gleichung III a:**

$$E = F + O1$$

gilt für Anlagen wie unter Gleichung I a) aufgeführt

**Gleichung III b:**

$$E = F + O1.1$$

gilt für Anlagen wie unter Gleichung I b) aufgeführt

---

<sup>1</sup> Def. nach § 2 Nr. 14 der 31. BImSchV

<sup>2</sup> gemäß Anhang V Nr. 2.1.2 der 31. BImSchV

Die Gesamtemission (E) wird je nach Anforderungen des Anhangs III entweder durch die jeweiligen Produktparameter dividiert oder als Anteil vom Lösemittleinsatz (I1+I2) ausgedrückt. Der errechnete Wert ist dann mit dem festgelegten Gesamtemissionsgrenzwert zu vergleichen.

Tabelle 9 zeigt die Anlagenarten, bei denen Gesamtemissionsgrenzwerte gelten oder alternativ zu den Emissionsgrenzwerten angewendet werden können.

Nr.	Tätigkeit	Dimension des Grenzwertes für Gesamtemissionen
3.1	Chemischreinigungsanlagen	g / kg gereinigte Ware
4.1 – 4.5	Anlagen zur Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen, Fahrerhäuser, Nutzfahrzeugen, Bussen oder Schienenfahrzeugen, LV $\geq$ 15 t/a	g / m <sup>2</sup>
7.1 – 7.2	Beschichten von Wickeldraht	g / kg Draht
11.1	Anlagen zum Beschichten von Leder	g / m <sup>2</sup>
12.1 – 12.2	Holzimprägnierung	kg / m <sup>3</sup> imprägniertes Holz
13.1	Laminierung von Holz und Holzwerkstoffen	g / m <sup>2</sup>
15.1	Herstellung von Schuhen	g / vollständiges Paar Schuhe
16.1 – 16.4	Anlagen zur Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen sowie Herstellung von Bautenschutz- oder Holzschutzmitteln, Klebstoffen oder Druckfarben	% , bezogen auf eingesetzte Lösemittelmenge (I1+I2); gilt <b>alternativ</b> zum Emissionsgrenzwert
17.1	Anlagen zur Umwandlung von Kautschuk	
18.1	Extraktion von Pflanzenöl und tierischen Fett sowie Raffination von Pflanzenöl	kg / t Material
19.1	Anlagen zur Herstellung von Arzneimitteln	% , bezogen auf eingesetzte Lösemittelmenge; gilt <b>alternativ</b> zum Emissionsgrenzwert

Tabelle 9: Anlagenarten mit Gesamtemissionsgrenzwerten

### Vereinfachte Ermittlung der Gesamtemission

Die Ermittlung der Gesamtemission E wurde als Addition der errechneten diffusen Emissionen (F) und des Output O1 oder O1.1 beschrieben. Es ist jedoch auch eine andere Vorgehensweise möglich, die zur Vereinfachung des Berechnungsprozesses beiträgt.

Zur Berechnung ist die nachfolgende Beziehung heranzuziehen:

Gleichung IV:

$$E = I1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

Die Gesamtemission (E) entspricht der gekauften und eingesetzten Lösemittelmenge (I1), von der die Lösemittelmengen aus dem Abfall (O6), dem Produkt (O7) sowie die vernichteten (O5) und zurückgewonnenen, gelagerten Lösemittel (O8) abgezogen werden.

Durch schrittweises Vorgehen kann die o.a. Formel abgearbeitet werden. In Stufe 1 wird die Emission E dem Input I1 gleich gesetzt ( $E = I1$ ). Liegt der daraus resultierende Wert für die Gesamtemission oberhalb des Grenzwertes, muss in einer zweiten Stufe ein von der Menge her bedeutender Stoffstrom, meistens die als Abfall entsorgte Lösemittelmenge (O6), vom Input I1 subtrahiert ( $E = I1 - O6$ ) werden. Liegt der errechnete Wert wiederum oberhalb des Grenzwertes, folgt die Subtraktion eines weiteren Stoffstroms (z.B.  $E = I1 - O6 - O7$ ) bis die Formel vollständig abgearbeitet ist.

Stufe	Bestimmung Emission (E)	Überprüfung des Gesamtemissionsgrenzwertes	
1	$E = I1$	$X \leq$ Grenzwert $\Rightarrow$ Grenzwert eingehalten	$X >$ Grenzwert, weiter mit Stufe 2
2	$E = I1 - O6$		$X >$ Grenzwert, weiter mit Stufe 3
3	$E = I1 - O6 - O7$		$X >$ Grenzwert, weiter mit Stufe 4
4	$E = I1 - O6 - O7 - O5$		$X >$ Grenzwert, weiter mit Stufe 5
5	$E = I1 - O6 - O7 - O5 - O8$		$X >$ Grenzwert überschritten.

Tabelle 10: Stufenmodell zur Berechnung der Gesamtemission

In einer Reihe von Anlagenarten der Verordnung, wie z.B. Textilreinigungsanlagen, Kfz- Reparaturbetrieben oder Anlagen zur Holzbeschichtung können die Stufen 3-5 i.d.R entfallen, da die entsprechenden Outputströme (O7, O5, O8) kaum vorkommen.

## 5.4 Einhaltung des spezifischen Reduzierungsplans

Wird alternativ zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang III ein spezifischer Reduzierungsplan<sup>1</sup> angewendet, ist zu überprüfen, ob die errechnete Zielemission eingehalten wird.

Die Zielemission ist wie bereits dargestellt eine Obergrenze für die Gesamtemission, die von einer Anlage maximal ausgehen darf.

<sup>1</sup> § 4 Abs. 2 Satz 2 i.V.m. mit Anhang IV der 31. BImSchV

Mit der Lösemittelbilanz ist nun zu prüfen, ob diese Obergrenze von der tatsächlich freigesetzten Emissionsmenge unterschritten wird. Dies wird im Folgenden beschrieben.

**Prüfung auf Einhaltung des spezifischen Reduzierungsplans:** Bei den Beschichtungs-/Lackier-/Druckanlagen ist die Zielemission auf den Feststoff der eingesetzten Beschichtungsstoffe bezogen.

Zur Prüfung, ob eine Anlage mit den bereits durchgeführten oder aber vorgesehenen Maßnahmen zur Emissionsminderung den Reduzierungsplan einhält, muss für den zugrundegelegten Zwölfmonatszeitraum die tatsächliche Gesamtemission E festgestellt werden.

Für denselben Bezugszeitraum wird die Zielemission entsprechend der im Kapitel 4.2 aufgeführten Berechnungsformeln ermittelt und festgestellt, ob die tatsächliche Gesamtemission diese Zielemission einhält.

Die nachfolgende Tabelle führt die für die Prüfung erforderlichen Daten und Berechnungsschritte im Überblick auf.

Bearbeitungsschritt		Ergebnis
1	Lackeinkaufsmenge/Reinigermenge/Verdünnung usw.	Menge lösemittelhaltiger Einsatzstoffe
2	Ermitteln der Lösungsmittelanteile der einzelnen Lacktypen z.B. aus dem EG-Sicherheitsdatenblatt	Lösemittelgehalt
3	Berechnen der Lösemittelmenge durch Multiplikation mit den ermittelten Lösemittelprozentsätzen und Addition der verschiedenen Lösemittelmengen	Input I1
4	Ermitteln der Feststoffe der eingekauften und eingesetzten Lacke/Härter (Herstellerangaben, Sicherheitsdatenblätter)	Feststoffgehalt
5	Berechnen der Gesamtfeststoffmenge	$\Sigma$ Feststoff
6	Ermitteln der Outputmengen an org. Lösemitteln: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beseitigung durch chemische Reaktion</li> <li>• Lösemittel im Abfall/Lösemittelabfälle</li> <li>• Verkaufte Lösemittel</li> <li>• Zurückgewonnene Lösemittel Lagermengen Menge, in anderen Prozessen eingesetzt</li> </ul>	O5 (bei Anwendung des Reduzierungsplanes i.d.R. von untergeordneter Bedeutung) O6 O7 (bei Beschichtungsanlagen i.d.R. nicht relevant) O8

Bearbeitungsschritt		Ergebnis
7	Berechnung der Gesamtemission	$E = I1 - O5 - O6 - O7 - O8$
8	Berechnung der Zielemission (ZE)	$ZE = \sum_{\text{Feststoff}} \times \text{Faktor}1^1 \times \text{Faktor}2^2$
9	Der Reduzierungsplan ist erfüllt, wenn	$E < ZE$

<sup>1</sup>Multiplikationsfaktor <sup>2</sup> Prozentsatz oder Minderungsfaktor

Tabelle 11: Vorgehensweise zur Überprüfung auf Einhaltung des Reduzierungsplans

Zu berücksichtigen sind alle in die Anlage eingebrachten und eingesetzten organischen Lösemittel z.B. in den Beschichtungsstoffen, Verdünnungen, Härtern oder Reinigungsmitteln. O5 ist bei Anwendung des spezifischen Reduzierungsplans von untergeordneter Bedeutung, da bei den in Frage kommenden Anlagen i.d.R. keine Abgasreinigung durchgeführt wird. Auch lösemittelhaltige Verkaufsprodukte (O7) sind von untergeordneter Bedeutung, da sie i.d.R. bei Beschichtungsanlagen nicht vorkommen.

## 5.5 Hinweise zur Ermittlung der Lösemittelstoffströme

Um den Aufwand für die Lösemittelbilanzierung auf das erforderliche Maß zu beschränken und die Erfassung der Lösemittelin- und -austräge zu vereinfachen, sollte festgestellt werden, welche Stoffströme insbesondere für die Berechnung der diffusen Emissionen benötigt werden, welche in der Anlage real vorkommen, welche relevant oder welche vernachlässigbar sind.

### 5.5.1 Anwendung der mittelbaren Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen

Wie bereits dargestellt gibt es zwei Möglichkeiten zur Bestimmung der diffusen Emissionen, die direkte und die mittelbare Methode.

**Die direkte Methode dient eher der Veranschaulichung** als der Berechnung der diffusen Emissionen, da die Bestimmung der zugehörigen Stoffströme in der betrieblichen Praxis schwer durchzuführen ist. So lassen sich z.B. die diffusen Emissionen durch Fenster, Türen etc. nur sehr aufwendig messen oder berechnen.

Aus diesem Grund wird i.d.R. die mittelbare Methode angewendet, da hier die Stoffströme leichter zu messen, zu errechnen oder bestimmbar sind, insbesondere dann, wenn dem Betrieb bereits Angaben über die Stoffströme vorliegen. Für die Anwendung der mittelbaren Methode werden die Daten der Ein- und Austräge I1, I2, O1.1, O1.2, O5, O6, O7, O8 benötigt.

Die Stoffströme O2, O3, O4 und O9 spielen bei dieser Berechnung keine Rolle und können entfallen.

Auch für die Berechnung der Gesamtemissionen (E) oder des Lösemittelverbrauchs (LV) kann auf die Ermittlung der Stoffströme O2, O3, O4 und O9 verzichtet werden.

Tabelle 12 fasst die für die Bilanzierung und Berechnung der Emissionen erforderlichen Stoffströme zusammen. Die Datenermittlungen und -erhebungen können auf diese Stoffströme beschränkt werden.

Stoffströme bei Anwendung der mittelbaren Methode	Erforderlich für
I1	- Bestimmung des Lösemittelverbrauchs LV - Berechnung der diffusen Emissionen F - Überprüfung der Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für diffuse Emissionen
I2	- Überprüfung der Einhaltung des Emissionsgrenzwertes für diffuse Emissionen
O1.1	- Berechnung der diffusen Emissionen F - Bestimmung der Gesamtemissionen E
O1.2	- Berechnung der diffusen Emissionen F - Bestimmung der Gesamtemissionen E
O5	- Berechnung der diffusen Emissionen F
O6	- Berechnung der diffusen Emissionen F
O7	- Berechnung der diffusen Emissionen F
O8	- Berechnung der diffusen Emissionen F und des LV
Feststoffgehalt	- Berechnung der Bezugsemissionen und Zielemission

Tabelle 12: Erforderliche Stoffströme bei Anwendung der mittelbaren Methode

### 5.5.2 Qualitative Ermittlung der Stoffströme

Auch die genaue Betrachtung der tatsächlich vorhandenen Ein- und Austräge kann zur Reduzierung der umfangreichen Datenerhebung beitragen.

Bei allen in der Verordnung aufgeführten Anlagenarten sind die eingekauften und eingesetzten Lösemittel (I1) und in der Regel die diffusen Emissionen in die Luft (O4) als Stoffströme vorzufinden. Weitere Stoffströme werden je nach Tätigkeit und Anlage ermittelt.

Beispielsweise sind für Lackieranlagen die Stoffströme I1 und O4 von Bedeutung. Ob Lösemittel ins Abwasser (Stoffstrom O2) gelangen, hängt davon ab, ob mit einer Nassabscheidung oder mit Trockenfiltern zum Abscheiden der Partikel gearbeitet wird. Ebenso entscheidend ist, ob eine Ab-

luftbehandlung betrieben wird und welche Technik installiert ist. Wird die Abluft über eine Be- und Entlüftungsanlage ohne Abgasreinigung über Dach abgeleitet, handelt es sich um den Stoffstrom „im gefassten, unbehandelten Abgas“ (O1.2). Bei Vorhandensein einer Abgasreinigungseinrichtung sind die Lösemittelfrachten im gefassten, behandelten Abgas (O1.1) und die zerstörten oder gebundenen Lösemittel (O5) zu bestimmen. Der Lösemittelaustrag mit dem Produkt (O3) ist als sehr gering einzuschätzen. In der Anlage fallen lösemittelhaltige Abfälle (O6) an, wie z.B. Putzlappen, Lackschlämme, Altfarben und -lacke. Voraussetzung für das Auftreten der Stoffströme I2 und O8 ist eine betriebsinterne Zurückgewinnung. Der Stoffstrom O7 (als Produkt) hat in Lackieranlagen keine Bedeutung.

Die qualitative Ermittlung der Stoffströme lässt sich mit Hilfe einer einfachen Checkliste (s. Tabelle 13) erfassen. Sie enthält auf Grund der großen Anzahl von verschiedenen Branchen, der unterschiedlichen Beschichtungstechniken, der angewendeten Lösemittel oder Zubereitungen nur die geläufigsten Optionen für Lackieranlagen und ist entsprechend der Einzelfallbetrachtung zu ergänzen.

Stoffstrom	Kurzbezeichnung	Bedingung	Stoffstrom vorhanden? ja/nein
I1	gekauft, eingesetzt	Einkauf und Einsatz	immer
I2	zurückgewonnen, im selben Prozess eingesetzt	betriebsinterne LM-Aufbereitung	
		betriebsinternes Lackrecycling	
O1.1	im Reingas	Abgasreinigungseinrichtung	
O1.2	im gefassten, unbehandelten Abgas	Raumlufttechnische Anlage; gefasste Ableitung ohne Reinigungseinrichtung	
O2	im Abwasser	Nassabscheidung von Partikel	
O3	als Rückstand im Produkt	Lösemittel beim Verlassen der Betriebsstätte nicht vollständig vom Produkt emittiert	
O4	diffus in die Luft	Fenster, Türen, Entlüftungsöffnungen etc.	immer
O5	zerstört/gebunden	Abgasreinigungseinrichtung	
		Abwasserreinigungseinrichtung	

Stoffstrom	Kurzbezeichnung	Bedingung	Stoffstrom vorhanden? ja/nein
O6	im Abfall	Lösemittel nicht verdunstet; Farben oder Lacke etc. nicht durchgehärtet	
O7	als Produkt	Abgabe/Verkauf von Lösemittel oder Lösemittel in Zubereitungen	
O8	zurückgewonnen, gelagert	betriebsinterne LM-Aufbereitung oder betriebsinternes Lackrecycling; Lagerung über den Bilanzzeitraum hinaus	
O9	sonstiges	in Ausnahmefällen	

Tabelle 13: Checkliste für die qualitative Stoffstromermittlung bei Lackieranlagen

Tabelle 14 zeigt die in einer Untersuchung qualitativ erfassten Stoffströme mehrerer Kleinanlagen zur Holzbeschichtung. Untersucht wurden Betriebe, die eine einfache Lackieranlage im Spritzverfahren, z.T. mit Nassabscheidung, und Ableitung der Abgase über Dach betreiben, aber auch Betriebe mit Tauchanlagen, Lackierrobotern, einschließlich Lackrecycling, und Applikation im Walzverfahren. Bei allen untersuchten Betrieben waren die Stoffströme O1.1, O5, O7, O8 und O9 nicht vorhanden. Die Datenermittlung und -erfassung dieser Austräge konnte bei diesen Betrieben entfallen.

Betrieb	I1	I2	O1.1	O1.2	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
Betrieb A u. B	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-
Betrieb C	x	-	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-
Betrieb D	x	x	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-
Betrieb E	x	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	-
Betrieb F	x	x	-	x	x	-	x	-	x	-	-	-
Betrieb G	x	-	-	x	-	x	x	-	x	-	-	-

Tabelle 14: Stoffströme in der Holzbeschichtung

In der Tabelle 14 ist eine Tendenz zu erkennen, welche Stoffströme bei Kleinanlagen der Holzbeschichtung vorhanden sind. Dies kann aber nicht verallgemeinert werden, da die generelle Aussage, dass bestimmten Tätigkeiten bestimmte Stoffströme zuzuordnen sind, nicht getroffen werden kann. Am Beispiel der o.g. Lackieranlage wird deutlich, dass die Anlagen je nach Art des eingesetzten Lacksystems, der angewandten Applikationsverfahren und der Art der Abgasbehandlung unterschiedliche Stoffströme aufweisen können. Weitere Einflussgrößen sind das Produktionsspektrum und die Betriebsgröße. Aus diesen Gründen sollte eine qualitative Stoffstromermittlung für jede einzelne Anlage durchgeführt werden.

### 5.5.3 Relevanz der Stoffströme

Im Vorfeld dieser Arbeit wurde versucht, eine Vereinfachung der Lösemittelbilanz durch die Abschätzung der Relevanz einzelner Ein- und Austräge bei den jeweiligen Tätigkeitsbereichen (Branchen) zu erreichen. Bei geringer Relevanz kann der jeweilige Stoffstrom in der Lösemittelbilanzierung vernachlässigt werden oder entfallen. Angeregt durch eine österreichische Studie [7], wurde versucht, eine Tabelle zu entwickeln, in der die in der Lösemittelverordnung aufgeführten Tätigkeitsbereiche mit ihren relevanten Stoffströmen dargestellt werden sollten. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Unterschiede innerhalb eines bestimmten Tätigkeitsbereiches so vielfältig sind, dass Verallgemeinerungen nur unzulängliche Aussagen liefern können und eine Betrachtung im Einzelfall unentbehrlich ist.

Dennoch soll hier die Abschätzung der Relevanz von Stoffströmen beschrieben werden, da dies für eine Grobabschätzung oder für eine Plausibilitätsbetrachtung zweckdienlich sein kann.

Als ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Relevanz wurde der prozentuale Anteil an Lösemitteln im Vergleich zur Einsatzmenge herangezogen, des weiteren die durchschnittliche Häufigkeit eines Stoffstromes in den Anlagen eines Tätigkeitsbereiches, d.h. ob ein Stoffstrom durchschnittlich oft oder weniger oft vorzufinden ist. Stoffströme mit einem Lösemittelanteil von  $< 2\%$  des Einsatzes (I1) wurden vernachlässigt. Diese vernachlässigten Anteile fallen jedoch nicht aus der Bilanzierung heraus, sondern sie werden damit zwangsläufig den diffusen Emissionen in die Luft (O4) zugeordnet.

#### **Beispiel im Tätigkeitsbereich Holzbeschichtung:**

In einer Anlage zur Holzbeschichtung wird eine Nassabscheidung für Farbpartikel aus der Abluft eingesetzt. Das dabei anfallende Prozesswasser wird im Kreislauf geführt. Die Lackpartikel im Wasser werden ausgefällt und sedimentieren. Flüchtige organische Verbindungen werden durch die Zirkulation über die Wasseroberfläche freigesetzt. Lediglich die wasserlöslichen organischen Lösemittel (z.B. Glykol) verbleiben im Abwasser. Untersuchungen des Kreislaufwassers haben gezeigt, dass der Lösemittelgehalt des Abwassers i.d.R. im Promillebereich liegt, nur in Ausnahmefällen kann er bis zu  $2\%$  betragen [8]. Bei einem jährlichen Austausch des Prozesswasser (ca.  $5\text{ m}^3$ ), beträgt der Output O2 im schlechtesten Fall 100 Liter Lösemittel pro Jahr, das entspricht bei 10 Tonnen Lösemittelleinsatz ca. 1 Prozent. Im Normalfall werden über das Prozesswasser weniger als 50 l Lösemittel im Jahr ausgetragen. O2 kann demnach in der Bilanzierung vernachlässigt werden.

Ebenso kommt es in der Praxis immer wieder vor, dass Abfälle, wie Altfarben und -lacke, leere Behältnisse mit lösemittelhaltigen Anhaftungen oder auch Putzlappen, solange offen gelagert werden, bis diese durchgehärtet sind und sich die Lösemittel verflüchtigt haben. In diesen Abfällen verbleibt ein minimaler Lösemittelgehalt. Output O6 könnte in solchen Situationen vernachlässigt werden. Hinsichtlich des Ziels der Emissionsminderung sollte jedoch immer eine Lagerung in geschlossenen Behältnissen angestrebt und umgesetzt werden.

Die Untersuchung des Holzbereiches zeigt, dass die Stoffströme O1.1, O5, O7 und O8 i.d.R. nicht vorhanden sind (Tabelle 14, S.54). Es verbleiben die Stoffströme I1, I2, O1.2 und O6 zur Datenerhebung. Berücksichtigt man weiterhin, dass der Austrag O1.2 zu den diffusen Emissionen in die Luft (O4) gezählt wird<sup>1</sup>, verbleiben die Stoffströme I1, I2 und O6. Die Untersuchung der Kleinanlagen hat gezeigt, dass einige Betriebe ihre lösemittelhaltigen Abfälle (O6) offen lagern. Das Lösemittel verdunstet weitestgehend, der Restgehalt hat für die Bilanz keine Bedeutung. Die Rückgewinnung von Lösemitteln wird nur von wenigen Anlagen durchgeführt, somit ist Input I2 im Regelfall grundsätzlich vernachlässigbar. Es bleibt der Stoffstrom I1 übrig. Es ist also davon auszugehen, dass die Menge Lösemittel, die in der Anlage eingesetzt wird, auch vollständig als diffuse Emission aus der Anlage ausgetragen wird.

Der Umfang der Ermittlung und Erfassung der Lösemiteleinträge und -austräge hat sich damit in diesem Beispiel erheblich reduziert. Die Berechnung der diffusen Emission (F) vereinfacht sich wesentlich, denn sie entsprechen der eingesetzten Lösemittelmenge.

### **Beispiel im Tätigkeitsbereich Kfz-Reparaturlackierung:**

Anhand der Tabelle 15 lassen sich die vorhandenen Stoffströme in der Anlage zusammenstellen. Eine Gewichtung der Stoffströme wurde beispielhaft durchgeführt. Je nach Relevanz sind die Stoffströme in der überschlüssigen Berechnung der diffusen Emissionen (F) zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> vgl. Fußnote in Nr. 9.2.2 des Anhangs III der 31. BImSchV

Stoffstrom	Kurzbezeichnung	Bedingung	vorhanden	Relevanz	Berücksichtigung
I1	gekauft, eingesetzt	Einkauf von org. LM in Beschichtungs- und Zusatzstoffen; Spachtel; Reinigungs- und Hilfsmittel; Silikon- und Teerfleckenentferner; Härter; Spraydosen; Feinpoliermassen, Lackreiniger; Polish, Felgenreiniger	immer	+++	ja
I2	zurückgewonnen, im selben Prozess eingesetzt	interne Destillation: org. LM in zurückgewonnenen Reinigungsmitteln		++	
O1.1	im Reingas	Abgasreinigungseinrichtung		+ <sup>1)</sup>	
O1.2	im gefassten, unbehandelten Abgas	gefasste unbehandelte Abgase, zählen zu den diffusen Emissionen	immer	+++	ja unter O4
O2	im Abwasser	Nassabscheidung, Reinigung v. Applikationsgeräten mit wässrig. Reinigern		+	
O3	als Rückstand im Produkt	Lackauftrag, Verbleib als Rückstand		+	
O4	diffus in die Luft	ungefasste Emissionen aus Fenster, Türen etc.	immer	+++	ja
O5	zerstört / gebunden	Abluft- oder Abwasserreinigungsanlage		+ <sup>1)</sup>	
O6	im Abfall	Anfall von Abfällen: Lackreste, Lackschlamm, Lackkoagulat, Behälter mit lösemittelhaltigen Produkten, Poliermittelreste, Destillationsschlämme, verunreinigte Reinigungsmittel aus der Werkzeugreinigung, Putzlappen		++	
O7	als Produkt	Lösemittelhaltige Verkaufsprodukte: gemischte Lacke in Dosen für Kunden, diverse Sprays und Pflegemittel aus Handverkauf		+	
O8	zurückgewonnen, gelagert	betriebsinterne Destillation v. Farben und Reinigern, Regeneration von Aktivkohle		++	
O9	sonstiges	Havariefall		+ <sup>2)</sup>	

+ = niedrige Relevanz, ++ = mittlere Relevanz, +++ = hohe Relevanz

<sup>1)</sup> nur im Einzelfall <sup>2)</sup> nur in Ausnahmefällen

Tabelle 15: Checkliste der Stoffströme in der Kfz-Reparaturlackierung

Eine hohe Relevanz (+++) erhalten die Stoffströme, die i.d.R. in einer Anlage vorhanden und mengenmäßig für die Lösemittelbilanz ausschlaggebend sind, wie I1, O1.2 und O4 (der Austrag O1.2 zählt in diesem Tätigkeitsbereich auch zu den diffusen Emissionen und muss nicht getrennt ausgewiesen werden).<sup>1</sup>

Eine mittlere Relevanz (++) weisen Stoffströme auf, die zwar vorhanden sind, aber in nicht so relevanten Mengen vorkommen, als dass sie für eine überschlägige Berechnung der diffusen Emissionen (F) von Bedeutung sind. Hierzu zählen vor allem I2, O6 und O8.

Eine geringe Relevanz (+) haben die Stoffströme, die entweder in so geringen Mengen vorkommen, dass der Anteil am Lösemittelntrag 2 % nicht übersteigt oder das Vorkommen der Stoffströme in den meisten Betrieben derselben Tätigkeit selten ist.

Erst wenn sich zeigt, dass der überschlägig berechnete Wert für die diffusen Emissionen (F) oder die Gesamtemission im Bereich des Grenzwertes liegt, sollten die weniger relevanten Stoffströme zu einer präziseren Berechnung hinzugezogen werden.

Bei der Kfz-Reparaturlackierung haben die Austräge O2, O3 und O7 eine geringe Relevanz wegen des vernachlässigbaren Anteils am Lösemittelntrag von < 2 % . Die Austräge O1.1, O5 sind lediglich bei Vorhandensein einer Abgasreinigungseinrichtung vorzufinden, die im Bereich Kfz-Reparaturlackierung nur anzutreffen ist, wenn aufgrund von Geruchsproblemen eine Anordnung im Einzelfall erlassen wurde. Sie haben deshalb ebenfalls eine geringe Relevanz. Output O9 ist ebenfalls nur von geringer Relevanz, er ist nur dann zu erfassen, wenn Lösemittel auf sonstigen Emissionspfaden, z.B. durch Havarie, freigesetzt werden.

In dem Fall, dass nur die Stoffströme mit hoher Relevanz (+++) für eine überschlägige Berechnung berücksichtigt werden, entspricht auch im Bereich Kfz-Reparaturlackierung die Gesamtemission dem Lösemittelntrag.

Die Vernachlässigung eines Stoffstroms über alle Tätigkeitsbereiche, kommt lediglich bei dem Austrag O9 in Betracht, da die „sonstigen Lösemittelausträge“ aus einer Anlage nur Ausnahmefälle sein dürfen, z.B. im Falle einer Havarie.

---

<sup>1</sup> vgl. Anhang III Nr. 5.1.2 der 31. BImSchV

#### 5.5.4 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln 5.5.1- 5.5.3 wurde aufgezeigt, dass bei der Lösemittelbilanz durch Plausibilitätsbetrachtungen auf die Erfassung bestimmter Teilströme verzichtet werden kann.

Entscheidet man sich, die mittelbare Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen (F) anzuwenden, kann auf die Erfassung der Stoffströme O2, O3, O4 und O9 verzichtet werden. Tabelle 12 (52) zeigt die Stoffströme, die zur Bestimmung der diffusen Emissionen oder der Gesamtemissionen bei Anwendung der mittelbaren Methode erforderlich sind.

Stellt man anschließend durch die qualitative Ermittlung der Stoffströme fest, dass von den in Tabelle 12 genannten Ein- und Austrägen einige nicht vorhanden sind, reduziert sich die Anzahl der Stoffströme, für die die Daten erfasst werden müssen. Wird weiterhin die Relevanz der verbleibenden Ein- und Austräge mit einbezogen, so kann sich die Anzahl der Stoffströme nochmals verringern, bis der Input I1 übrigbleibt, d.h. dass die Gesamtmenge der Emissionen dem Lösemittelleinsatz entspricht.

#### 5.6 Datenerhebung und -erfassung

Die Lösemittelbilanz soll, soweit möglich, auf vorhandenen Daten aufbauen. Die Daten müssen nachvollziehbar und plausibel sein. Zur Ermittlung des In- und Output können jedoch auch Erfahrungs- oder Durchschnittswerte (z.B. durchschnittliche Emissionen bei der Oberflächenreinigung an Waschtischen bei Einsatz von A III-Reinigern [9]; Wirkungsgrad der Abgas- und Abwasserreinigungseinrichtungen, LM-Gehalt im Destillationsschlamm herangezogen werden. Bei Angaben, die einen Wertebereich beschreiben (z.B. 10 - 40% Lösemittelgehalt in Destillationsschlämmen), ist stets derjenige Zahlenwert einzusetzen, bei dem sich rechnerisch die größt mögliche Gesamtemission oder diffuse Emission ergeben würde (worst case). In der Regel ist dies jeweils der niedrige Zahlenwert<sup>1</sup>.

*Beispiel 1: Das Lösemittel wird mit dem Destillationsschlamm aus der internen Lösemittelrückgewinnung als Abfall (Stoffstrom 06) aus dem System ausgetragen. Der Lösemittelgehalt des Destillationsschlammes schwankt zwischen 10-40%. Für die Bilanzierung ist der Konzentrationswert heranzuziehen, bei dem rechnerisch die geringste Menge an*

---

<sup>1</sup> Betreiber, die der Lösemittelbilanzierung nicht den „worst case“ zugrundelegen möchten, müssen die auf ihre Anlage zutreffenden Daten ermitteln und ihre Plausibilität nachweisen.

*Lösemitteln in den Abfall und die größte Menge in die Abluft gelangen würde; in diesem Fall 10 %.*

*Beispiel 2: Der Wirkungsgrad einer Abgasreinigungsanlage wird mit 80 bis 90 % angegeben. Auch in diesem Fall muss der Wert eingesetzt werden, mit dem sich rechnerisch die höchste diffuse Emission oder Gesamtemission ergeben würde, also 80 %.*

Die Datenerhebung umfasst Angaben zu den Ein- und Austrägen von Lösemitteln und Lösemitteln in Zubereitungen sowie zum Feststoffgehalt der Beschichtungsstoffe.

Die ermittelten Daten können sowohl in Form einer einfachen Tabelle, als auch in einer Tabellenkalkulation, wie z.B. Excel, eingetragen werden. Letzteres hat den Vorteil, dass z.B. die Addition der einzelnen Positionen, die Berechnung des Lösemittelanteils der jeweiligen Zubereitung oder die Umrechnung von Liter in Kilogramm sowie die Berechnung der diffusen Emissionen und Gesamtemissionen schnell und frei von Rechenfehlern erfolgen kann.

Hinzu kommt die Möglichkeit, dass mit der Tabellenkalkulation auf einfache Weise Szenarien durchgespielt werden können: z.B. wie verändert sich der Lösemiteleinsatz, wenn statt der lösemittelhaltigen Beize eine auf wässriger Basis verwendet oder wenn ein Beschichtungsstoff mit 75 % Lösemittelgehalt gegen einen mit 50 % Lösemittelgehalt ausgetauscht wird?

Einen Überblick über mögliche Erfassungsgrundlagen für den Input und Output sowie den Feststoffgehalt verschafft Tabelle.

Stoffstrom	Kurzform	Ermittlung/Erfassung aus
I1	gekauft, eingesetzt	Rechnung; Lieferscheine; DIN-Sicherheitsdatenblatt (Dichteangaben, Lösemittelgehalt); Liste der Lieferanten über jährlich eingekaufte Mengen, den LM-Gehalt; Lagerbestandslisten am Anfang und Ende des Bilanzzeitraums; Produktangaben des Herstellers
I2	zurückgewonnen, im selben Prozess eingesetzt	Betriebliche Aufzeichnungen über Menge an zurückgewonnenen LM; Durchflussmesser; im Einzelfall begründete Schätzwerte
O.1	im gefassten Abgas	Berechnung ( $O1 = O1.1 + O1.2$ , je nach Anforderung des Anhanges III)
O1.1	im Reingas	Messprotokolle
O1.2	im gefassten, unbehandelten Abgas	Messprotokolle
O2	im Abwasser	Abwasseruntersuchungen im Rahmen der VGS, Berechnung, Abwassergebührenbescheide
O3	als Rückstand im Produkt	Messungen am Produkt, Berechnungen
O4	diffus in die Luft	Anhaltswerte (Arbeitsplatzbeurteilungen, Gefährdungsabschätzung etc.)
O5	zerstört/gebunden	Messungen Rohgas / Reingas, Berechnung über Wirkungsgrad der Abgas-/Abwasserreinigungsanlagen unter Heranziehung des „worst case“.
O6	im Abfall	Entsorgungsnachweisscheine, Übernahmescheine, Abfallgebührenbescheide, Rechnungen, Deklarationsanalysen, glaubhafte Abschätzungen, Berechnungen, Gewichtsbestimmungen, im Einzelfall begründete betriebliche Erfahrungs- bzw. Schätzwerte
O7	im Produkt	Lösemittelgehalt je Produkt, Rezepturen, betriebliche Aufzeichnungen, Produktionslisten, Mengenerfassung aus Verkaufsrechnungen
O8	zurückgewonnen, gelagert	Anfangs- und Endbestand der Lagerliste, betriebliche Aufzeichnungen, Durchflussmessungen
O9	über sonstige Pfade	Untersuchungen, Berechnungen
	Feststoffgehalt	DIN-Sicherheitsdatenblatt; Liste der Lieferanten, Technisches Merkblatt, Herstellerangaben, Internet, „Wissenspeicher lösemittelarme Produkte“ [10]

Tabelle 16: Mögliche Erfassungsgrundlagen für In- und Output sowie den Feststoffgehalt

### 5.6.1 Input

Die für die Ermittlung des Input erforderlichen Daten können i.d.R. den Rechnungen, Lieferscheinen oder Materialwirtschaftsprogrammen, den DIN-Sicherheitsdatenblättern (SDB) und im Falle der Rückgewinnung von Lösemittel zur Wiederverwendung den entsprechenden betrieblichen Aufzeichnungen entnommen werden.

Es hat sich im Vorfeld gezeigt, dass eine Reihe von Lieferanten auf Anfrage bereit sind, dem Anwender die erforderlichen Daten über die eingekaufte Menge an Beschichtungsstoffen in einem angegebenen Bilanzzeitraum sowie die Lösemittel- und Feststoffgehalte über das Kundenkonto zur Verfügung zu stellen. Viele der Hersteller und Lieferanten erkennen diese Dienstleistung zunehmend als Kundenservice und damit als Mittel zur Kundenbindung.

Rechnungen und Lieferscheine enthalten Angaben über eingekaufte Mengen an Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Zubereitungen. Die Angaben erfolgen entweder in Liter oder Kilogramm. Sind die Mengen in Liter ausgewiesen, so ist die Umrechnung in Kilogramm oder Tonnen erforderlich.

Wird die Materialwirtschaft mittels eines EDV-Programms verwaltet, so bietet sich an, die Mengen der eingesetzten Lösemittel und Lösemittel in Zubereitungen über den Lageranfangs- und Lagerendbestand des jeweiligen Einsatzproduktes für den Bilanzzeitraum festzustellen.

Vor allem den Sicherheitsdatenblättern neueren Datums sind u.a. Angaben über die Zusammensetzung der Produkte, die Dichte sowie die Lösemittel- und Feststoffgehalte zu entnehmen. Einige Hersteller bieten die Sicherheitsdatenblätter im Internet als pdf-files zum Herunterladen an. Sollten die Feststoff- und Lösemittelgehalte nicht aufgeführt sein, so ist hierzu der Hersteller zu befragen.

Die folgenden Tabellen zeigen Möglichkeiten auf, den Input zu erfassen und zu berechnen. Grundlage der Tabelle 17 ist das Tabellenkalkulationsprogramm Excel. Die grau dargestellten Felder sind schreibgeschützt. Eine versehentliche Änderung kann nicht erfolgen. Diese Tabelle wurde vor allem für Anlagen zum Beschichten von Holz- und Holzwerkstoffen entwickelt und erprobt, ist aber auf andere Lackieranlagen, wie die zur Beschichtung von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen anwendbar.

Firma:		Telefon:		Beschäftigte:												
Adresse:		Fax:														
Anlagen/Kostenstelle:																
Bilanzzeitraum:		bis														
Kontakt:																
Lieferant:																
Nr.																
Tätigkeit:																
Verfahren:																
Material	SDB vor-han- den?	Produkt- bezeichnung	Artikel- Nr.	Art der Anlage	Waren- ein-gang	Lagerbestand		Ver- brauch ltr./kg	Dichte g/cm <sup>3</sup>	Ver- brauch kg	Löse- mittel		enth. Fest- stoffe		R- Satz	
						01.01.	31.12.				%	kg	%	kg		
Beize																
Grundierung																
Härter																
Lack																
Spachtel																
Verdünnung																
Wachs																
Wasserlack																
<b>Summe I/1</b>					<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>			<b>0,0</b>		<b>0,0</b>		<b>0,0</b>		
Wasserlack		Recycling														
Grundierung		Recycling														
<b>Summe I/2</b>					<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>			<b>0,0</b>						
<b>Summe I</b>					<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>			<b>0,0</b>						

Tabelle 17: Input-Erfassung bei Lackieranlagen

Material	Produktbezeich- nung	Anlage	Einsatz- menge [l]	Dichte* [g/l]	Einsatz- menge [kg]	Lösemittelmenge	
						[%]	[kg]
Lageranfangsbestand:		01.01.99					
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	200	0,75	150,0	100	150,0
					0,0		0,0
					0,0		0,0
						Summe	150,0
Lagerendbestand:		31.12.99					
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	400	0,75	300,0	100	300,0
					0,0		0,0
					0,0		0,0
						Summe	300,0
Einkauf:							
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	600	0,75	450,0	100	450,0
					0,0		0,0
					0,0		0,0
						Summe	450,0
<b>Input I/1</b>							<b>300,0</b>

\* Die Dichten und der Prozentsätze der enthaltenen Lösemittel sind aus dem DIN-Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Tabelle 18: Erfassung Input I1 in der Oberflächen- und Textilreinigung

Material	Bezeichnung des Regenerats	Anlage	Destillationsleistung [l/h]	Arbeitsstunden [h/d]	Arbeits-tage [d/a]	Rege-nerat [l/a]	Dich-te [g/l]	Gesamt-menge [kg]
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	100	16	220	352000,0	0,75	264000,0
						0,0		0,0
						0,0		0,0
<b>Input I/2</b>								<b>264000,0</b>

Tabelle 19: Erfassung Input I2 in der Oberflächen- und Textilreinigung

Tabelle 18 und Tabelle 19 zeigen beispielhaft die Erfassung der Inputgrößen I1 und I2 bei Anlage der Oberflächenreinigung oder der Textilreinigung. Hier handelt es sich i.d.R. um den Einsatz von 100 %-igen Lösemitteln. Eine Berechnung der Lösemittelmengen in den einzelnen Zubereitungen wie z.B. Detachier- oder Imprägniermittel in der Textilreinigung kann im Einzelfall entfallen, da der mit diesen Produkten eingesetzte Lösemittelanteil im Vergleich zur Gesamteinsatzmenge an Lösemitteln als vernachlässigbar einzustufen ist. Ebenso wird nur das im Bilanzzeitraum nachgefüllte Lösemittel berücksichtigt, da die Inhalte im Schmutz- und Reintank während des Betriebs einer Anlage konstant bleiben.

### 5.6.2 Output

Angaben zu Austrägen an Lösemitteln können den betrieblichen Aufzeichnungen, Entsorgungsnachweisen, Messprotokollen zu Abluft- und Abwasseruntersuchungen, Hersteller-, Entsorger- oder Verwerterangaben sowie Materialwirtschaftsprogrammen entnommen werden.

Bei der Anwendung der mittelbaren Methode zur Berechnung der diffusen Emissionen (F) entfällt die Erfassung der Outputgrößen O2, O3, O4 und O9. Es bleibt dem Betreiber somit überlassen, ob diese Stoffströme zur Überprüfung des Lösemittelverbleibs überhaupt erhoben werden sollen.

#### Output O1 (gefasstes Abgas)

Output O1 ergibt sich aus der Addition von Output O1.1 und O1.2, sofern letzterer nicht den diffusen Emissionen (F) zugeordnet wird.

#### Output O1.1 (im Reingas)

Ein Output O1.1 existiert nur, wenn die Anlage mit einer Abgasreinigungseinrichtung ausgestattet oder mit einer solchen technisch oder räumlich verbunden ist. Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen sind i.d.R. Abgasreinigungseinrichtungen zur Verminderung der Emissionen installiert, bei

nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen nur auf Anordnung im Einzelfall, z.B. wegen erheblicher Geruchsbelästigung der Nachbarschaft.

Abgesehen von Stoffen nach § 3 sind Einzelnachweise über die eingesetzten Lösemittel im Rahmen normaler Emissionsmessungen i.d.R. weder vom Aufwand noch den damit verbundenen Kosten gerechtfertigt. Zur Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen bietet sich die Messung des Summenparameters Gesamtkohlenstoff mit dem Kieselgelverfahren oder FID-Verfahren an. Dieser Parameter gibt Auskunft über die Konzentration an organischen Verbindungen im Abgas ausgedrückt als organisch gebundener Kohlenstoff in mg C/m<sup>3</sup>.

Da O1.1 zur Bestimmung der diffusen Emissionen oder der Gesamtemissionen benötigt wird, muss die ermittelte Kohlenstoffmenge in Lösemittelmenge umgerechnet werden. Dazu ist es erforderlich, die eingesetzten Lösemittel und deren Anteile oder das hauptsächlich eingesetzte Lösemittel zu ermitteln. Anschließend ist der Anteil an Kohlenstoff am Molekulargewicht des festgestellten Lösemittels zu errechnen und ein Umrechnungsfaktor zu bilden. Zur Berechnung der Lösemittelmenge im Austrag O1.1 wird nunmehr die ermittelte Kohlenstoffmenge mit dem Umrechnungsfaktor multipliziert.

<b>Lösemittel</b>	<b>Umrechnungsfaktor</b>
Toluol	1,1
Ethylacetat (=Essigsäureethylester, Essigester)	1,83
Butylacetat	1,6
Ethanol	1,92
Formaldehyd	2,5
50 % Ethylacetat/50 % Ethanol	1,87

Tabelle 20: Umrechnungsfaktoren für Gesamt-C

Als Näherung und Vereinfachung kann der ermittelte Gesamtkohlenstoffwert auch ohne Umrechnung direkt als Konzentrationswert für die im Reingas enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen eingesetzt und die weiteren Bilanzierungen damit vorgenommen werden. Diese „vereinfachte“ Vorgehensweise hätte im Hinblick auf die Einhaltung von Gesamtemissionsgrenzwerten keine Auswirkung. Im Hinblick auf die Erfüllung des Grenzwertes für diffuse Emissionen würde diese Gleichsetzung indirekt einer Verschärfung der Anforderungen gleichkommen. Je höher der Umrechnungsfaktor um so deutlicher könnte diese indirekte Verschärfung ausfallen.

**Beispiel:** Die Abgase aus einer Anlage für den Verpackungstiefdruck werden einer TNV zugeführt. Sie enthalten in der Hauptsache Ethanol und Ethylacetat als Lösemittel, von denen angenommen wird, zu gleichen Teilen vorhanden zu sein. Der Massenstrom im gefassten und behandelten Abgas (= Reingas) beträgt 900 kg C/a.

Der Austrag O1.1 wird folgendermaßen berechnet: Im Molekulargewicht von Ethanol sind 52,14 % Kohlenstoff enthalten, in dem von Ethylacetat 54,53 %. Gemittelt ergibt sich ein Kohlenstoffgehalt von 53,34 % oder ein Umrechnungsfaktor von 1,875.

Wird der angegebene Massenstrom von 900 kg C/a mit dem Umrechnungsfaktor multipliziert, erhält man für O1.1 eine Lösemittelmenge von 1687,3 kg Lösemittel/a oder ca. 1,7 t Lösemittel/a.

### **Output O1.2** (im gefassten, unbehandelten Abgas)

Die Ermittlung des Output O1.2 ist bei Anwendung der mittelbaren Methode zur Berechnung der diffusen Emission (F) erforderlich, vorausgesetzt O1.2 wird nicht den diffusen Emissionen zugeschlagen. Sie ist ebenfalls erforderlich zur Berechnung des gefassten Abgases ( $O1 = O1.1 + O1.2$ ) oder der Gesamtemissionen ( $E = F + O1$ ).

Die Emissionen von VOC im gefassten unbehandelten Abgas können einerseits durch Messungen mit anschließender Umrechnung oder durch Berechnungen der durch die raumluftechnischen Anlage erfassten Volumina und deren Belastungen bestimmt werden.

Es ist zu ermitteln,

- welche Lösemittel (z.B. in Druckfarben, als Reinigungsmittel) in welcher Menge (I1) in der Anlage im Bilanzzeitraum eingesetzt wurden,
- welche Menge davon im Abfall (O6) im Bilanzzeitraum entsorgt wurde,
- welche Lösemittel in welcher Menge im Erfassungsbereich der raumluftechnischen Anlage eingesetzt wurden (Findet z.B. die Reinigung der Betriebsmittel im Erfassungsbereich oder außerhalb des Erfassungsbereichs der raumluftechnischen Anlage statt oder anteilig?) und
- welche Menge an Lösemittel von der raumluftechnischen Anlage erfasst wurden (Erfassungsgrad der raumluftechnischen Anlage; Herstellerangaben).

### **Output O5** (vernichtet, gebunden)

Output O5 kann berechnet werden, wenn die Roh- und Reingaskonzentrationen bekannt sind. Ist nur ein Konzentrationswert oder der Massenstrom bekannt, ist eine Abschätzung unter Berücksichtigung des Abscheidewirkungsgrades der Abgasreinigungsanlagen möglich.

Beispiel (s. auch O1.1): Das lösemittelhaltige Abgas einer Anlage des Verpackungstiefdrucks wird einer TNV zugeführt. Der Massenstrom im behandelten Abgas (Reingas) beträgt 900 kg C/a. Der Nutzungswirkungsgrad der TNV wird vom Hersteller mit 96 - 99 % angegeben. Ein Messwert für den Massenstrom des Rohgases vor der TNV liegt nicht vor.

Zur Berechnung des Massenstroms im Rohgas wird der für den Betreiber schlechtere Wert des Nutzungswirkungsgrades verwendet (worst case, hier: 96 %), da nicht immer von einem optimalen Verfahrensablauf der Abgasreinigungseinrichtung ausgegangen werden kann. Der Massenstrom im Rohgas beträgt demnach  $(0,9 \text{ t C} / 4 \times 100) = 22,5 \text{ t C/a}$ . Die Differenz der Massenströme aus dem Rohgas und dem Reingas gibt die Menge des zersetzten organisch gebundenen Kohlenstoffs an. Sie beträgt 21,6 t C/a. Multipliziert man diesen Wert mit dem Umrechnungsfaktor für das Lösemittelgemisch Ethanol/Ethylacetat (=1,875), so ergibt sich für die durch die Verbrennung aufoxidierten Lösemittelmenge (O5) ein Wert von 40,5 t/a.

### **Output O6** (im Abfall)

Daten zum Output O6 sind den Entsorgungsnachweisscheinen, Übernahmescheinen, Abfallgebührenbescheiden, Deklarationsanalysen und Rechnungen der Entsorger/Verwerter zu entnehmen.

Angaben über den genauen Lösemittelgehalt von Abfällen können aus verschiedenen Gründen nur schwer getroffen werden. Zum einen ist die Zusammensetzung z.B. von Lackschlämmen u.a. abhängig von den verwendeten Lacksystemen, Koagulierungsverfahren und der jeweiligen Charge. Zum anderen ist die Entnahme repräsentativer Mischproben bei Sammlung mehrerer Chargen von z.B. Destillations- oder Lackschlämmen in einem Entsorgungsbehälter aufgrund einer fehlenden Durchmischung nicht möglich.

Ebenso scheitert die Bestimmung des Lösemittelgehaltes an der Vielzahl der enthaltenen, z.T. unbekanntem Lösemittel. Es müsste also gezielt auf spezielle Lösemittel untersucht werden, was Kenntnisse über die Zusammensetzung der Zubereitungen voraussetzt. Die Verwendung des Summenparameters (TOC) zur Bestimmung des Lösemittelgehaltes ist wegen anderer enthaltener organischer Stoffe, z.B. von Farbstoffen oder Bindemitteln bei Lacken, nicht möglich. Ebenso wenig kann ein Rückschluss vom Heizwert, der häufig in den Deklarationsanalysen zum Entsorgungsnachweis aufgeführt wird, auf den Lösemittelgehalt gezogen werden. Die Heizwerte sind abhängig vom jeweils vorliegenden Gemisch, z.B. hat Alkohol einen niedrigen, ein Öl-Lösemittel-Gemisch einen hohen Heizwert. Auch eine Aufgliederung in Stoffgruppen kann nicht in Betracht gezogen werden, da die Erfassung der Lösemittel unvollständig bleibt.

Aus den o.g. Gründen muss mit Erfahrungs- oder Schätzwerten gearbeitet werden. Einerseits kann der Lösemittelgehalt bestimmter Abfälle für die zuständige Behörde nachvollziehbar von den Betrieben ermittelt werden, z.B. bei regelmäßigem Anfall von Putzlappen über eine Wägung der lösemittelhaltigen und der ausgedünsteten Putzlappen, oder man greift auf vorhandene Erfahrungs- oder Schätzwerte der jeweiligen Branche zurück.

Bei Erfahrungs- oder Schätzwerten liegen keine genauen Angaben vor, sondern es werden Wertebereiche genannt, z.B. zwischen 19 - 80 % Lösemittel in den als Destillationsschlamm deklarierten Abfällen aus der Textilreinigung (s. Tabelle 21). In solchen Fällen sollten die Zahlen für die Lösemittelbilanzierung Anwendung finden, die für den Betreiber die ungünstigere Variante mit den höheren Emissionen (worst case) darstellen. Im o.g. Beispiel würden als Lösemittelgehalt im Destillationsschlamm also 19 % und nicht 80 % als O6 angerechnet werden.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten Erfahrungs- und Schätzwerte der verschiedenen Tätigkeitsbereiche:

Abfallart	KWL-Gehalt	Menge pro Jahr	Menge pro Tonne gereinigte Ware
Destillationsrückstände	19-80 [%]	180-740 l/a	13-25 l/t
Filterrückstand	51-63[%]	-	-
Kartuschen	-	100-650 kg/a	5-14 kg/t
Schleuderfilter	-	170-350 kg/a	17 kg/t*
Flusensiebinhalt	< 0,1 – 0,5[%]	7-24 kg/a	0,4-0,5 kg/t
Nadelfängerinhalt	< 0,1 – 90[%]	1-4 kg/a	0,1 kg/t
Kontaktwasser	3 – 97[mg/l]	720-3600 l/a	24-88 l/t

\* Einzelwert

Tabelle 21: KWL- Gehalt der Abfälle aus Chemischreinigungsanlagen [11]

Abfalltype	EAK Code	Lösemittel [%]
Lösemittelhaltige Schlämme, halogenfrei	080106	15
Ausgehärtete Farben und Lacke	080105	2
Reinigungsverdünnung	140503	85
Wässrige Schlämme, die Farbe oder Lack enthalten	080108	30
Destillationsrückstände ohne halogenierte org. Bestandteile	140505	15

Tabelle 22: Lösemittelgehalt der Abfälle aus der Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen nach HDH/VdL [12, 13]

Den Angaben in Tabelle 23 zu den Lösemittelgehalten in Putzlappen liegen Wägungen einiger Betrieben sowie eines Putztuchreinigers zugrunde, die

auf Veranlassung des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. durchgeführt wurden.

Abfallarten	Lösemittelgehalt	Bemerkungen
Druckfarbenreste:		nicht ausgehärtet
Heatset-Offset	33 %	
Illustrations-Tiefdruck	80 %	
Verpackungs-Tiefdruck	70 %	
wasserbasiert	5 – 10 %	
Flexodruck	70 %	
wasserbasiert	5 – 10 %	
Siebdruck	60 – 70 %	
Farbschlämme:		je nach Konsistenz
flüssig	60 – 70 %	
pastös	20 – 30 %	
stichfest	10 %	
Altwaschmittel	90 – 95 %	
Siebreinigung, Teilereinigung	85 – 90 %	
Lösemittel/Wassergemische:		je nach IPA-Anteil
Feuchtmittelreste	5 – 15 %	
Gummituchwaschreste	30 – 50 %	je nach Waschprogramm
Putzlappen:		
Offsetdruck	10-30 g/Stck.	Wasser-/Lösemittelreinigung
	30-60 g/Stck.	Lösemittelreinigung
Tiefdruck	10-30 g/Stck.	Putzlappen abgesaugt
	50-80 g/Stck.	Putzlappen nicht abgesaugt

Tabelle 23: Lösemittelgehalt der Abfälle aus der Reproduktion von Text oder von Bildern [14]

### Output O7 (als Produkt)

Output O7 kann aus den Rezepturen, den Rechnungen, den Produktions- und Materialwirtschaftsprogrammen usw. ermittelt beziehungsweise errechnet werden. Bei der Herstellung von Anstrich- und Beschichtungsstoffen hat sich auch unter dem Aspekt der Kostenrelevanz gezeigt, dass eine Überprüfung des in der Rezeptur angegebenen Lösemittelgehalts mit dem tatsächlichen im Produkt sinnvoll sein kann.

### **Output O8 (zurückgewonnen, gelagert)**

Output O8 wird aus Lagerbestandslisten oder Betriebsaufzeichnungen ermittelt.

#### **5.6.3 Lösemittel- und Feststoffgehalt**

Ältere DIN-Sicherheitsdatenblätter (SDB) enthalten selten Angaben zum Lösemittel- und Feststoffgehalt der einzelnen Produkte. Diese sind den Sicherheitsdatenblättern neueren Datums zu entnehmen. Probleme treten in den Fällen auf, bei denen im Hinblick auf das Lösemittel nicht zwischen organischem Lösemittel i.S. der Verordnung und anderen flüchtigen organischen Verbindungen oder Wasser unterschieden wird. Hier ist die Nachfrage beim Hersteller erforderlich.

## 6 Fallbeispiele

Anhand von Fallbeispielen soll deutlich gemacht werden, wie Lösemittelbilanzen und Reduzierungspläne, sowohl vereinfachte als auch spezielle, erstellt werden.

### 6.1 Tätigkeit Nr. 1.1 – Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren

Dargestellt werden die Lösemittelbilanz und der spezifische Reduzierungsplan. Die jeweiligen Daten wurden einem Forschungsbericht entnommen [15].

#### Kurzbeschreibung des Betriebes:

Bei der Anlage handelt es sich um eine Altanlage. In dem Betrieb werden überwiegend Zeitungsbeilagen mittlerer und höherer Qualität im Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren gedruckt.

Es handelt sich um eine Heatset-Anlage mit 5 Doppeldruckwerken, in denen lösemittelbasierte Farbsysteme zum Einsatz kommen. Das mit Lösemitteln beladene Abgas wird einer thermischen Nachverbrennungsanlage (TNV) zugeführt.

Für die Berechnung des Output O1.1 und O5 wurden keine Messungen vorgenommen, sondern durchschnittliche Prozessdaten zugrundegelegt. Es wurde angenommen, dass von den in der Farbe enthaltenen Lösemitteln ca. 98 % in die thermische Nachverbrennungsanlage gelangen, von den eingesetzten Reinigungsmitteln ca. 7,5 % und vom Isopropanol ca. 10 %. Der Wirkungsgrad der TNV beträgt 99 %.

Die ermittelten Einsatzstoffe, deren Lösemittelgehalt und die resultierenden Lösemittelmengen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Einsatzstoff	Menge Einsatzstoffe	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Menge Einsatzstoffe [t/a]	Lösemittelgehalt [%]	Menge Lösemittel [t/a]	Feststoffgehalt [%]	Menge Feststoff [t/a]	
Druckfarben	80 t/a	ca. 1	80,0	ca. 30	24,0	ca. 70	56,0	
Isopropanol	19873 l/a	0,785	15,6	100	15,6	0,0	0,0	
Reinigungsmittel	5628 l/a	0,809	4,6	ca. 90	4,1	0,0	0,0	
<b>Input I1</b>						<b>43,7</b>	<b>Feststoffe</b>	<b>56,0</b>
Regenerat aus Reinigungsmittel	393,96 l/a	0,809	0,3	100	0,3			
<b>Input I2</b>						<b>0,3</b>		
<b>Input I</b>						<b>44,0</b>		

Von den 24 t/a Lösemitteln in den Druckfarben verbleiben ca. 1 % im Druckprodukt als hoch siedende Mineralöle. Der Output O3 beträgt daher

0,24 t/a. Als Abfall O6 werden ca. 29 % Lösemittel aus den eingesetzten Reinigungsmittel (1,2 t/a) entsorgt.

Die in die Hallenluft emittierten und mit einer raumluftechnischen Anlage erfassten und abgeleiteten VOC (O1.2) sind bei dieser Anlagenart zu den diffusen Emissionen zu zählen<sup>1</sup>.

Lösemittelbilanz (mittelbare Methode):

Input		Output*	
I1	43,7 t/a	O1.1	0,25 t/a
I2	0,3 t/a	O1.2	zählt zu O4
		O3	0,24 t/a
		O5	25,1 t/a
		O6	1,2 t/a
		O7	0,0 t/a
		O8	0,0 t/a

\* O2, O4 und O9 werden bei Anwendung der mittelbaren Methode nicht ermittelt

Bestimmung des Lösemittelverbrauchs (LV = I1-O8):

LV = I1 = 43,7 t/a

Die eingesetzte Lösemittelmenge liegt über dem Schwellenwert von 15 t/a. Die Anlage fällt in den Anwendungsbereich der Verordnung und ist anzeigepflichtig, sofern nicht bereits eine Genehmigung nach BImSchG vorliegt.

Einhaltung des Emissionsgrenzwertes

Der Emissionsgrenzwert für gefasste behandelte Abgase von 20 mg C/m<sup>3</sup> wird nach dem Messbericht mit der installierten TNV eingehalten.

Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen

Der Grenzwert für diffuse Emissionen (F) liegt bei einem Lösemittelverbrauch von mehr als 25 t/a bei 20 % der eingesetzten Lösemittelmenge.

Zu berücksichtigen ist bei dieser Tätigkeit, dass der Output O3 nicht zu den diffusen Emissionen zählt<sup>2</sup> und daher von I1 abgezogen werden muss.

- Berechnung der diffusen Emissionen unter Anwendung der mittelbaren Methode (F = I1 - O1.1 - O3 - O5 - O6 - O7 - O8):

F = 43,7 t/a - 0,25 t/a - 0,24 t/a - 25,1 t/a - 1,2 t/a - 0,0 t/a - 0,0 t/a = 16,91 t/a

<sup>1</sup> Siehe Anhang III Nr.1.1.2 Satz 1 der 31. BImSchV

<sup>2</sup> Siehe Anhang III Nr.1.1.2 Satz 2 der 31. BImSchV

- Berechnung des Anteils der diffusen Emissionen an den eingesetzten Lösemitteln ( $x = F * 100 / (I1 + I2)$ ):  
 $x = 16,91 \text{ t/a} * 100 / (43,7 \text{ t/a} + 0,3 \text{ t/a}) = 38,4 \%$   
Der Grenzwert für diffuse Emissionen von 20 % der eingesetzten Lösemittel ist überschritten.

### Reduzierungsplan

Alternativ zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte kann der Anlagenbetreiber einen Reduzierungsplan erstellen.

- Bestimmung der jährlichen Bezugsemission:  
Bezugsemission = (t Feststoff /a ) \* (Multiplikationsfaktor)  
Bezugsemission = 56,0 t/a \* 1 = 56,0 t Lösemittel/a
- Bestimmung der Zielemission ab 1.11. 2007 (bei Altanlagen):  
Zielemission = Bezugsemission \* Prozentsatz  
Zielemission = 56,0 t/a \* (30 + 5) % = 19,6 t Lösemittel /a
- Bestimmung der max. zulässigen Emission ab 1.1.2005 (bei Altanlagen):  
Zielemission \* 1,5 = 19,6 t Lösemittel/a \* 1,5 = 29,4 t Lösemittel/a
- Berechnung der tatsächlichen Gesamtemissionen ( $E = F + O1.1$ ):  
 $E = 16,91 \text{ t/a} + 0,25 \text{ t/a} = 17,16 \text{ t/a}$
- Bestimmung des Mindestminderungsbedarfs nicht erforderlich, der Reduzierungsplan wird eingehalten.

Ergebnis: Die Anlage hält den Emissionsgrenzwert für die diffusen Emissionen von 20 % nicht ein. Bei Anwendung des Reduzierungsplanes wird dagegen bereits heute die Zielemission unterschritten, d.h. der Reduzierungsplan ergibt bei den Heatset- Rollenoffsetanlagen eine höhere Emission im Vergleich mit den Anforderungen des Anhangs III. Der Grund für diese Differenz liegt darin, dass der Multiplikationsfaktor zur Bestimmung der Bezugsemission zu hoch angesetzt wurde. Von Ökopol wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens [15] ein Multiplikationsfaktor von 0,65 ermittelt.

## 6.2 Tätigkeit Nr. 1.3 - Sonstige Drucktätigkeiten

### BEISPIEL 1 - VERPACKUNGSDRUCK[16]

Dargestellt werden die Lösemittelbilanz zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte und die Anwendung des speziellen Reduzierungsplans.

Im folgenden Beispiel handelt es sich um einen Betrieb mit 3 Flexodruck- und 2 Tiefdruckmaschinen für den Verpackungsdruck. Die Abgasreinigung erfolgt sowohl über Absorption als auch über eine nachgeschaltete thermische Nachverbrennung (TNV).

Zur Sammlung und Berechnung der Daten erweist sich die Erstellung eines Fließdiagramms der Lösemittelströme, wie in Abbildung 18 dargestellt, als sinnvoll.

Der Input I1 wurde aus den Materialverbrauchslisten der eingesetzten, druckfertigen Farben und der zusätzliche Lösemittelverbrauch aus den Mengenmessungen (Zählwerke) der Entnahmestellen ermittelt, die mit den Einkaufsdaten abgeglichen wurden. Im Flexodruck werden 550 t Farbe/a mit einem Feststoffanteil von ca. 17 % und im Tiefdruck 802 t Farbe/a mit einem Feststoffanteil von ca. 15 % eingesetzt.

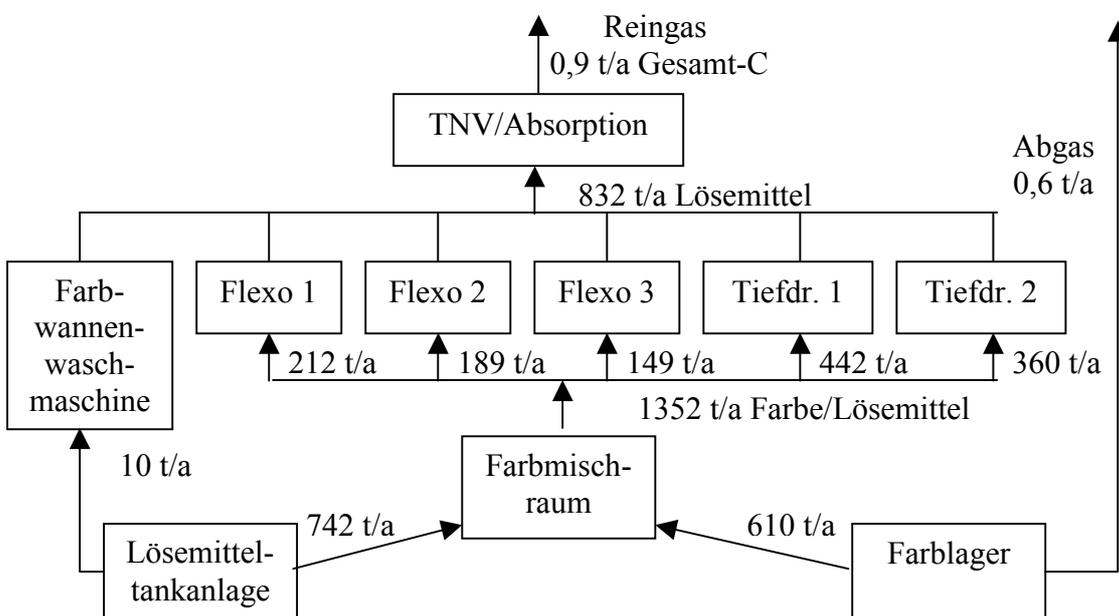


Abbildung 18: Fließschema der Stoffströme im Verpackungsdruck

Input I2 ist die aus der Absorptionsanlage zurückgewonnene und in den selben Prozess wieder eingesetzte Menge Lösemittel. Der Einsatz erfolgt mit je 10 t Regenerat pro Jahr bei Reinigung des Bodens und der Maschinen sowie in den Farbwannenwaschmaschinen

Input I/Ausgangsdaten:

Maschine	Einsatzmenge druckfertiger Farbe [t/a]	Feststoff- anteil [%]	Feststoff [t/a]	Lösemittel [t/a]
Flexo. 1	212	17	36	176
Flexo. 2	189	17	32	157
Flexo. 3	149	17	25	124
Tiefdr. 1	442	15	66	376
Tiefdr. 2	360	15	54	306
<b>Summe Input I1</b>	<b>1139</b>			
Farbwannenwaschmaschine	10			
Maschinen-/Bodenreinigung	10			
<b>Summe Input I2</b>	<b>20</b>			
<b>Summe Input I</b>	<b>1159</b>			

Der Gesamt-C-Gehalt im Reingas beträgt im Jahr 0,9 t/a. Dieser Messwert muss mit einem Umrechnungsfaktor<sup>1</sup> von 1,87 für das Lösemittelgemisch Ethanol und Ethylacetat (Verhältnis 1:1) multipliziert werden. Output O1.1 beträgt demnach 1,7 t/a.

Zur Bestimmung von O5 ist der Massenstrom des Rohgases pro Jahr aus der Massenkonzentration mit etwas unter 5,0 g C/m<sup>3</sup>, dem Volumenstrom von 15.000 m<sup>3</sup>/h und 6000 Betriebsstunden zu errechnen und mit dem Umrechnungsfaktor von 1,87 zu multiplizieren (ca. 832 t/a). Von diesem Ergebnis wird O1.1 (1,7 t/a) subtrahiert. Output O5 beträgt dann 830,3 t/a.

Die Menge an Lösemittel im Abfall O6 setzt sich aus den entsorgten 81 t/a Restfarben mit einem Lösemittelgehalt von ca. 17 % (13,8 t/a) sowie 30 t/a Putzlappen aus der Maschinen- und Bodenreinigung mit einem Lösemittelgehalt von ca. 30 % (9 t/a) zusammen. Output O7 und O8 entfallen.

Lösemittelbilanz (mittelbare Methode):

Input		Output*	
I1	1139,0 t/a	O1.1	1,7 t/a
I2	20,0 t/a	O1.2	zählt zu O4 <sup>2</sup>
		O5	830,3 t/a
		O6	22,8 t/a

\* O2, O3, O4 und O9 werden bei Anwendung der mittelbaren Methode nicht ermittelt

<sup>1</sup> Umrechnungsfaktoren in Tabelle 20

<sup>2</sup> Siehe Anhang III Nr.1.3.2 der 31. BImSchV

### Lösemittelverbrauch (LV = I1 – O8):

In diesem Fall ist der Lösemittelverbrauch dem Input I1 gleich, nämlich 1139 t/a. Damit liegt er weit über dem Schwellenwert der Lösemittelverordnung und dem der 4. BImSchV von  $\geq 15$  t/a bzw. 25 kg/h. Die Anlage ist genehmigungsbedürftig. Die Genehmigung erfüllt die Anzeigepflicht.

### Einhaltung des Emissionsgrenzwertes

Der Emissionsgrenzwert für gefasste behandelte Abgase von  $< 20$  mg C/m<sup>3</sup> wird eingehalten.

### Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen

Der Grenzwert für diffuse Emissionen (F) liegt bei einem Lösemittelverbrauch  $\geq 25$  t/a bei 20 % der eingesetzten Lösemittel.

- Berechnung der diffusen Emissionen unter Anwendung der mittelbaren Methode<sup>1</sup> (F = I1 - O1.1 - O5 - O6 - O7 - O8):

$$F = 1139 \text{ t/a} - 1,7 \text{ t/a} - 830,3 \text{ t/a} - 22,8 \text{ t/a} - 0 \text{ t/a} - 0 \text{ t/a} = 284,2 \text{ t/a}$$

- Berechnung des Anteils der diffusen Emissionen an den eingesetzten Lösemitteln (x = F \* 100 / (I1 + I2)):

$$x = 284,2 \text{ t/a} * 100 / (1139 \text{ t/a} + 20 \text{ t/a}) = 24,5\%$$

Der Grenzwert für diffuse Emissionen von  $< 20$  % der eingesetzten Lösemittel wird nicht eingehalten. Maßnahmen zur Verminderung der diffusen Emissionen durch Verbesserung der Kapselung der Anlage oder durch eine bessere betriebliche Praxis beim Umgang mit Reinigungslösemitteln sind erforderlich. Im Folgenden wird die Einhaltung der Zielemission des Reduzierungsplanes als Alternative zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte beispielhaft geprüft.

---

<sup>1</sup> siehe Anhang IV Nr. 2.2.1

### Ermittlung des Feststoffmenge

Flexodruck:	$550 \text{ t/a} * 17 \% =$	93,5 t/a
Tiefdruck :	$802 \text{ t/a} * 15 \% =$	120,3 t/a
Feststoffanteil der eingesetzten Farben:		213,8 t/a

### Ermittlung der Zielemission:

Zielemission = (Feststoffmenge* Multiplikationsfaktor)* Minderungsfaktor	
Zielemission = $213,8 \text{ t/a} * 2,5 * 0,25 =$	133,6 t/a
max. zulässige Gesamtemission ab 2005 = Zielemission * 1,5 =	200,4 t/a

### Ermittlung der Gesamtemission aus der Anlage

$$E = F + O1.1$$

$$E = 284,2 + 1,7 = 285,9 \text{ t/a}$$

Der Reduzierungsplan kann bezogen auf die dem Beispiel zugrundegelegte Feststoffmenge nicht eingehalten werden. Zur Einhaltung müssten weitere Maßnahmen zur Emissionsminderung zusätzlich zur bereits erreichten Minderung durch die vorhandene Abgasbehandlung getroffen werden, wie z.B. ein sorgfältigerer Umgang mit Reinigungslösemitteln. Oder es müsste die Umstellung auf lösemittelarme Druckfarben erwogen werden.

## **BEISPIEL 2 – VERPACKUNGSDRUCK [15]**

Dargestellt werden die Lösemittelbilanz und der spezifische Reduzierungsplan.

### Kurzbeschreibung des Betriebes:

Es handelt sich um eine Altanlage, in der Verpackungsfolien im Rotations-tiefdruckverfahren bedruckt werden. Es werden 7 Reihendruck-Tiefdruck - Rotationsmaschinen mit insgesamt 38 Druckwerken betrieben, in denen lösemittelbasierte Farbsysteme zum Einsatz kommen. Die mit Lösemitteln beladenen Abgase werden einer Abgasreinigungseinrichtung zugeführt.

Für die Berechnung des Output O1.1 und O5 wurde von durchschnittlichen Prozessdaten ausgegangen. Demnach werden ca. 80 % Lösemittel aus der Farbe, je 70 % aus dem Lack und dem Verdünner/ Verzögerer sowie 10 % aus dem Reinigungsmittel erfasst und insgesamt 95 % dieser Lösemittel in der Abgasreinigungseinrichtung verbrannt.

Die ermittelten Einsatzstoffe, deren Lösemittelgehalt und die resultierenden Lösemittelmengen sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Einsatzstoff		Menge Einsatzstoffe [t/a]	Lösemittelgehalt [%]	Menge Lösemittel [t/a]	Feststoffgehalt [%]	Menge Feststoff [t/a]
Druckfarben		1169,36	68,8	804,52	32,2	376,53
Drucklacke		359,23	60,0	215,54	40,0	143,69
Verzögerer		0,62	100,0	0,62	-	-
Verdünner	Ethylacetat	1074,94	100,0	1074,94	-	-
	Ethanol	340,19	100,0	340,19	-	-
	Spezialbenzin	18,23	100,0	18,23	-	-
	Ethoxypropanol	14,81	100,0	14,81	-	-
	n-Butanol	5,08	100,0	5,08	-	-
	Isopropylacetat	2,21	100,0	2,21	-	-
	Isopropanol	0,60	100,0	0,60	-	-
	Reinigungsmittel					
	Ethylacetat	268,73	100,0	268,73	-	-
	Ethanol	85,05	100,0	85,05	-	-
<b>Input I1</b>				<b>2830,52</b>		<b>520,22</b>
Regenerat	aus verschmutzten Reinigungsmitteln	88,00	100,0	88,00		
<b>Input I2</b>				<b>88,00</b>		
<b>Input I</b>				<b>2918,52</b>		

Die Abfallarten, deren Lösemittelgehalt und die resultierenden Lösemittelmengen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Abfall	Menge [t/a]	Lösemittelgehalt [%]	Menge Lösemittel [t/a]
Farben und Lacke	100,0	ca. 66,7	<b>66,7</b>
Lösemittelgemische insgesamt, davon	144,0	100,0	<b>144,0</b>
• Verdünner, Verzögerer	ca. 104,0	100,0	104,0
• Reinigungsmittel	ca. 40,0	100,0	40,0
<b>Output O6</b>			<b>210,7</b>

### Lösemittelbilanz (mittelbare Methode):

Input		Output*	
I1	2830,5 t/a	O1.1	92,5 t/a
I2	88,0 t/a	O1.2	zählt zu O4 <sup>1</sup>
		O5	1757,1 t/a
		O6	210,7 t/a
		O7	-
		O8	-

\* O2, O3, O4 und O9 werden bei Anwendung der mittelbaren Methode nicht ermittelt.

<sup>1</sup> Siehe Anhang III Nr. 1.3.2 der 31. BImSchV

### Bestimmung der Lösemittelverbrauchs (LV = I1-O8):

$$LV = I1 = 2830,52 \text{ t/a}$$

Die eingesetzte Lösemittelmenge liegt über dem Schwellenwert von 15 t/a. Die Anlage fällt in den Anwendungsbereich der Verordnung. Sie gilt als angezeigt, da entsprechend des Lösemittelverbrauchs ( $> 25 \text{ kg/h}$ ) eine Genehmigung nach dem BImSchG vorliegen muss.

### Einhaltung des Emissionsgrenzwertes

Es wird davon ausgegangen, dass der Emissionsgrenzwert für gefasste behandelte Abgase von  $20 \text{ mg C/m}^3$  eingehalten wird.

### Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen

Der Grenzwert für diffuse Emissionen (F) liegt bei einem Lösemittelverbrauch von mehr als 25 t/a bei 20 % der eingesetzten Lösemittel.

- Berechnung der diffusen Emissionen unter Anwendung der mittelbaren Methode<sup>1</sup> (F = I1 - O1.1 - O5 - O6 - O7 - O8):

$$F = 2830,52 \text{ t/a} - 92,5 \text{ t/a} - 1757,1 \text{ t/a} - 210,7 \text{ t/a} - 0 \text{ t/a} - 0 \text{ t/a}$$

$$F = 770,22 \text{ t/a}$$

- Berechnung des Anteils der diffusen Emissionen an den eingesetzten Lösemitteln ( $x = F * 100 / (I1 + I2)$ ):

$$x = 770,22 \text{ t/a} * 100 / (2830,52 \text{ t/a} + 88,00 \text{ t/a}) = 26,4\%$$

Der Grenzwert für diffuse Emissionen von 20 % der eingesetzten Lösemittel ist überschritten.

- Berechnung der Gesamtemissionen (E = F + O1.1):

$$E = 770,22 \text{ t/a} + 92,5 \text{ t/a} = 862,72 \text{ t/a}$$

### Reduzierungsplan

Alternativ zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte könnte der Anlagenbetreiber einen Reduzierungsplan erstellen.

---

<sup>1</sup> siehe Anhang IV Nr. 2.2.1

- Bestimmung der jährlichen Bezugsemission:  
Bezugsemission = t Feststoff /a \* Multiplikationsfaktor <sup>1</sup>  
Bezugsemission = 520,22 t/a \* 2,5 = 1300,55 t Lösemittel/a
- Bestimmung der Zielemission:  
Zielemission = Bezugsemission \* Prozentsatz  
Zielemission = 1300,55 t/a \* (20 + 5) % = 325,14 t Lösemittel /a
- Bestimmung der max. zulässigen Gesamtemission 2005:  
Zielemission \* 1,5 = 325,14 t/a \* 1,5 = 487,71 t Lösemittel/a
- Bestimmung des Mindestminderungsbedarfs  
Minderung = derzeitige Gesamtemission E - Zielemission  
Minderung bis 2005 = 862,72 t/a - 487,71 t/a = 375 t Lösemittel/a  
Minderung bis 2007 = 862,72 t/a - 325,14 t/a = 537,58 t Lösemittel/a

Der Anlagenbetreiber hat die Wahl

- entweder die diffusen Emissionen im Umfang von etwa 185 t durch technische, z.B. Anschluss der Waschplätze und Waschanlagen an die Abluftreinigungseinrichtung und organisatorische Maßnahmen zu reduzieren, um den Grenzwert von 20 % einhalten zu können oder
- durch Maßnahmen, wie z.B. Verfahrensumstellungen und Schulung der Mitarbeiter zum sorgfältigen Umgang mit lösemittelhaltigen Einsatzstoffen, die Gesamtemissionen an Lösemittel entsprechend der Vorgaben des Reduzierungsplanes einzugrenzen und eine Minderung in Höhe von etwa 540 t bezogen auf die dem Beispiel zugrundegelegte Feststoffmenge zusätzlich zur Emissionsminderung durch die bestehende Abgasbehandlung zu erreichen oder
- grundsätzlich die Produktion auf lösemittelarme Einsatzstoffe umzustellen, was gleichzeitig zur Verminderung des Lösemittelverbrauchs führen würde.

---

<sup>1</sup> siehe Tabelle, Spalte 3 in Anhang IV Abschnitt B Nr. 2 der 31. BImSchV

### 6.3 Tätigkeit Nr. 2.1 - Oberflächenreinigung

Anlagen zur Oberflächenreinigung können kleine Reinigungsgefäße, Reinigungstische sowie offene oder geschlossene Reinigungsanlagen sein. Als Lösemittel kommen u.a. Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ketone, Esther, Reinigungsöle und pflanzenbasierte Ester sowie deren Gemische zum Einsatz [17].

Im nachfolgenden Beispiel wird die Lösemittelbilanz dargestellt. Ein spezifischer Reduzierungsplan ist nach der Lösemittelverordnung nicht vorgesehen. Es bleibt dem Betreiber freigestellt, einen beliebigen Reduzierungsplan aufzustellen, wenn sicher gestellt und nachgewiesen wird, dass die Lösemittlemissionen so gering sind wie bei Einhaltung der Emissionsgrenzwerte.

#### Kurzbeschreibung der Anlage:

Bei der Anlage handelt es sich um eine diskontinuierlich arbeitende Vakuumanlage zur Reinigung der Produktoberflächen von Stanzartikeln aus Ni-rosta, Eisen- und Buntmetall für die Automobil-, Hausgeräte- und Elektroindustrie mit einem Arbeitskammervolumen von ca. 0,7 m<sup>3</sup>. Als Lösemittel wird Pentamethylheptan, ein nicht halogener Kohlenwasserstoff, eingesetzt. Der Reinigungsautomat ist insgesamt mit 550 l Lösemittel befüllt (200 l-Tank für Frischware, 200 l-Schmutztank, 150 l in der Destillations-einheit). Verunreinigtes Lösemittel wird kontinuierlich destilliert. Die Destillationsleistung beträgt 100 l/h; gearbeitet wird in 2 Schichten.

Die Verschmutzung des Lösemittels ist abhängig von der Menge an eingeschleppten Ölen. Es werden ca. 1200 Körbe mit Stanzteilen gereinigt, bevor das Lösemittel ausgetauscht werden muss. Das Lösemittel wird i.d.R. achtmal im Jahr gewechselt, dabei wird lediglich die Destille entleert und neu befüllt, d.h. 8 x 150 l im Jahr.

Die ermittelten Einsatzstoffe, deren Lösemittelgehalte und die resultierenden Lösemittelmengen sind den folgenden Tabellen zu entnehmen:

Material	Produkt-bezeichnung	Anlage	Einsatz-menge [l]	Dichte* [g/l]	Einsatz-menge [kg]	Lösemittelmenge	
						[%]	[kg]
<b>Lageranfangsbestand:</b>		01.01.99					
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	200	0,75	150,0	100	150,0
<b>Lagerendbestand:</b>		31.12.99					
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	400	0,75	300,0	100	300,0
<b>Einkauf:</b>							
AIII-Reiniger	Pentamethylheptan	Vakuumanlage	1800	0,75	1350,0	100	1350,0
<b>Input II</b>							<b>1200,0</b>

\* Die Dichte und der Prozentsatz der enthaltenen Lösemittel sind aus dem DIN-Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Material	Destillationsleistung [l/h]	Arbeitsstunden [h/d]	Arbeitstage [d/a]	Regenerat [l/a]	Dichte [g/l]	Gesamt- menge[kg]
Pentamethyl- heptan, ver- unreinigt	100	16	220	352000	0,75	264000
<b>Input I2</b>						<b>264000</b>

Der Ölanteil im Destillationsrückstand beträgt ca. 40 %. Hierbei handelt sich um einen betriebsinternen Schätzwert; exakte Untersuchungen zur Bestimmung des Öl- bzw. Lösemittelgehalts liegen nicht vor. Zur Berechnung des Lösemittelgehaltes im Abfall wird der Einfachheit halber die Dichte von 1 g/cm<sup>3</sup> angenommen. Output O6 beträgt demnach 0,72 t/a.

Output O1.1 und O5 entfallen, da das nach Beendigung des Reinigungsvorganges aus der Arbeitskammer ausgeblasene Lösemittel mittels Kondensation abgeschieden und in den Kreislauf zurückgeführt wird. Das Lösemittel wird dabei weder zerstört noch gebunden.

Da das Abgas aus der Reinigungsanlage, bevor es über Dach abgeleitet wird, in die Hallenluft entweicht, könnten diese den diffusen Emissionen zugeordnet werden.

Output O7 und O8 sind nicht vorhanden.

Lösemittelbilanz (mittelbare Methode):

Input		Output*	
I1	1,2 t/a	O1.1	entfällt
I2	264,0 t/a	O1.2	entfällt
		O5	entfällt
		O6	0,72 t/a
		O7	entfällt
		O8	entfällt

\* O2, O3, O4 und O9 werden bei Anwendung der mittelbaren Methode nicht ermittelt

Bestimmung der Lösemittelverbrauchs (LV = I1-O8):

$$LV = I1 = 1,2 \text{ t/a}$$

Die eingesetzte Lösemittelmenge liegt über dem Schwellenwert von 1 t/a. Die Anlage fällt in den Anwendungsbereich der Verordnung und ist anzeigepflichtig.

#### Einhaltung des Emissionsgrenzwertes:

Messungen der Emissionen im gefassten unbehandelten Abgas (O1.2) liegen nicht vor. Eine Überprüfung der Emissionen war für KWL-Anlagen aus der Sicht des Immissionsschutzes bisher nicht vorgesehen.

Der Forschungsbericht „Stand der Technik und Potentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Anlagen zur Reinigung von Oberflächen“ [9] zeigt auf, dass ein Emissionswert von 75 mg C/m<sup>3</sup> bei Austritt aus dem geschlossenen Reinigungsautomat nicht eingehalten werden kann. Da es sich bei diesen Anlagen um den derzeitigen Stand der Technik handelt, erscheint es bei kleineren Anlagen (< 10 t/a Lösemittelverbrauch) vertretbar, die Emissionen, die aus dem Reinigungsautomat in den Fabrikationsraum entweichen und dann als gefasstes unbehandeltes Abgas abgeleitet werden zu den diffusen Emissionen zu zählen, soweit dieser Vorgehensweise, keine arbeitschutzrechtlichen Anforderungen entgegenstehen.

#### Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen

Der Grenzwert für diffuse Emissionen (F) liegt bei einem Lösemittelverbrauch von 1-10 t/a bei 20 % der eingesetzten Lösemittel.

- Berechnung der diffusen Emissionen (mittelbaren Methode):

$$F = I1 - (O1.1 + O1.2) - O5 - O6 - O7 - O8$$

$$F = 1,2 \text{ t/a} - 0,0 \text{ t/a} - 0,0 \text{ t/a} - 0,72 \text{ t/a} - 0,0 \text{ t/a} - 0,0 \text{ t/a} = 0,48 \text{ t/a}$$

- Berechnung des Anteils der diffusen Emissionen an den eingesetzten Lösemitteln):

$$x = F * 100 / (I1 + I2)$$

$$x = 0,48 \text{ t/a} * 100 / (1,2 \text{ t/a} + 246 \text{ t/a}) = 0,19 \%$$

Der Grenzwert für diffuse Emissionen von 20 % der eingesetzten Lösemittel wird weit unterschritten.

### **6.4 Tätigkeit Nr. 3.1 - Textilreinigung**

#### Kurzbeschreibung des Betriebes:

Die Anlage arbeitet im Zweibadverfahren mit Lösemittelregeneration. Betriebstechnisch ist sie mit einer Vakuum-Destillationsanlage verbunden. Die maximale Füllmenge beträgt 22 kg Ware.

Die Mengenerfassung des gereinigten Textilgutes erfolgt über die Anzahl der gefahrenen Maschinen mittels eingebautem Chargenzähler, multipli-

ziert je nach Vorsortierungsgrad<sup>1</sup> mit 70-80 % des angegebenen max. Füllvolumen. Wegen eines hohen Sortierungsgrades im Beispielbetrieb wird ein tatsächliches Füllvolumen von 70 % der Nennbeladung (Beladungsfaktor 0,7) veranschlagt.

Bei einer Chargenzahl von 4199, einer Nennbeladung von 22 kg und einem Beladungsfaktor von 0,7 wurden in der Anlage 64665 kg Ware gereinigt.

Die ermittelten Einsatzstoffe, deren Lösemittelgehalt und die resultierende Lösemittelmenge sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Material	Produktbezeichnung	Anlage	Einsatzmenge [l]	Dichte* [g/l]	Einsatzmenge [kg]	Lösemittelmenge	
						[%]	[kg]
<b>Einkauf:</b>							
KWL	Total DC 301		1700	0,744	1264,8	100	1264,8
Reinigungsverstärker	Durchschnitt x				770	22,5	173,3
Imprägniermittel	Durchschnitt y				240	77,5	186,0
<b>Input I1</b>							<b>1624,1</b>

\* Die Dichte und der Prozentsatz der enthaltenen Lösemittel sind aus dem DIN-Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Die Ermittlung von Input I2 entfällt, da dieser nur für die Überprüfung auf Einhaltung des Grenzwertes für diffuse Emissionen erforderlich ist und für Anlagen der Textilreinigung ein Gesamtemissionsgrenzwert aufgestellt wurde.

Zur Bestimmung der Gesamtemissionen kommen die Outputgrößen O1, O5, O7 und O8 ebenfalls nicht zum Tragen.

Von Bedeutung sind vor allem lösemittelhaltige Abfälle, wie Destillations-schlämme, Filter oder verunreinigtes Lösemittel. Sie weisen unterschiedliche Lösemittelgehalte auf.

Im Beispielbetrieb wurden, wie in der Branche üblich, alle lösemittelhaltigen Abfälle zusammen unter einem Abfallschlüssel entsorgt. Da der Lösemittelgehalt nicht bekannt ist, wird ein vom Betreiber glaubhaft dargestellter betrieblicher Schätzwert von 40% herangezogen<sup>2</sup>. Die Filter bzw. Filterrückstände werden nicht bei laufendem Betrieb, sondern nach einer Ruhe-

<sup>1</sup> Die Sortierung der zu reinigenden Textilien erfolgt u.a. nach Farbe, Pflegeeigenschaft, Trockentemperatur und Imprägnierung. Ob ein Beladungsfaktor von 0,7 oder 0,8 zur Berechnung der gereinigten Ware herangezogen wird, hängt vom Grad der Vorsortierung ab. Bei Einsatz von KWL ist nach Angaben des DTV eine geringere Vorsortierung erforderlich, da die Gefahr des Ausblutens und Anschmutzens der beigefügten Ware im Vergleich zu PER niedriger ist. Bei Ladenbetrieben wird meist nach 3 Kriterien sortiert: normal, hell, Imprägnierung. Wenn der Sortierungsgrad gering ist, kann eine bessere Auslastung der Maschinen erreicht werden.

<sup>2</sup> Andere Angaben zum Lösemittelgehalt sind bei einem plausiblen Nachweis möglich, z.B. Angaben des Verwerters oder aus Gutachten/Studien sowie Analysenergebnisse.

phase von mindestens 8 Stunden oder nach einem Wochenende vor Inbetriebnahme der Reinigungsmaschinen gewechselt. Dadurch reduziert sich der Lösemittelgehalt in den Filterkartuschen. Verunreinigtes Lösemittel, also ein Austausch von Lösemittel, fiel im Bilanzzeitraum nicht an. Insgesamt wurden 1,4 m<sup>3</sup> Abfall entsorgt. Bei 40 % Lösemittelgehalt beträgt der Output O6 560 kg.

### Lösemittelbilanz:

Input		Output*	
I1	1,62 t/a	O1.1	0 t/a
I2	0 t/a	O1.2	0 t/a
		O5	0 t/a
		O6	0,56 t/a
		O7	0 t/a
		O8	0 t/a

\* O2, O3, O4 und O9 werden bei Anwendung der mittelbaren Methode zur Bestimmung der diffusen Emissionen (F) nicht ermittelt

### Lösemittelverbrauch

Die Ermittlung des Lösemittelverbrauchs ist nicht erforderlich, da für Anlagen zur Textilreinigung kein Schwellenwert vorgegeben ist, d.h. jede Chemischreinigungsanlage ist **anzeigepflichtig**.

### Einhaltung des Gesamtemissionsgrenzwertes

Neben den besonderen Anforderungen an KWL- Anlagen ist der Grenzwert für die Gesamtemissionen von 20g Lösemittel / kg gereinigte trockene Ware<sup>1</sup> einzuhalten.

Die Einhaltung der zulässigen Gesamtemissionen an flüchtigen organischen Verbindungen lässt sich mit Hilfe der Stufenbilanzierung berechnen. Dies kann sowohl überschlägig unter Heranziehung des worst case für den Lösemittelgehalt nach Tabelle 21 (s. S.68) als auch mit anderen glaubhaft nachgewiesenen Angaben für den Lösemittelgehalt erfolgen.

### Stufe 1 (E = I1):

eingesetzte Lösemittel / gereinigte Ware

1624100 g / 64665 kg = 25,1 g/kg

► Gesamtemissionsgrenzwert überschritten

---

<sup>1</sup> Siehe § 4 i.V. mit Anhang III Nr. 3.1 der 31. BImSchV

## **Stufe 2 (E = I1 – O6):**

- E = I1 – O6<sub>20%</sub> (Worst case)  
eingesetzte Lösemittel – Abfall mit 20 % Lösemittel)  
/ gereinigte Ware  
(1624100 - 280000) g / 64665 kg = 20,8 g/kg  
▶ Gesamtemissionsgrenzwert überschritten
- E = I1 – O6 (Berechnung mit dem glaubhaft nachgewiesenen Lösemittelgehalt im Abfall)  
(eingesetzte Lösemittel – Abfall mit 40 % Lösemittel)  
/ gereinigte Ware:  
(1624100 - 560000) g / 64665 kg = 16,5 g/kg  
▶ Gesamtemissionsgrenzwert eingehalten

## **6.5 Tätigkeit Nr. 8.1 – Sonstige Beschichtung**

### **6.5.1 Erzeugnisse des Landmaschinenbaus**

Dargestellt wird der spezifische Reduzierungsplan nach Anhang IV, Abschnitt B.

Bei dem Unternehmen handelt es sich um einen genehmigungsbedürftigen Betrieb des Landmaschinenbaus mit einer Anlage zur Beschichtung von Metalloberflächen Nr. 8.1. der 31.BImSchV.

Die Abgase aus der KTL und der Trocknung werden einer TNV zugeführt. Der Emissionsgrenzwert für gefasstes behandeltes Abgas von < 20 mg C/m<sup>3</sup> wird eingehalten. Anders verhält es sich mit dem Grenzwert für diffuse Emissionen. Die Abgase aus den Spritzkabinen werden gefasst und unbehandelt über Dach abgeleitet. Nach den speziellen Anforderungen im Anhang III zählen die gefassten unbehandelten Abgase zu den diffusen Emissionen. Der Grenzwert für diffuse Emissionen kann nicht eingehalten werden.

Aufgrund der Überschreitung dieses Grenzwertes wird alternativ die Anwendung des Reduzierungsplans geprüft. Der Input an Lösemittel und Feststoff wird ermittelt. Die Berechnung des Lösemittelverbrauchs beruht auf einer Arbeitszeit von 22 Stunden pro Tag und 250 Tagen im Jahr.

Input I1/Ausgangsdaten:

Nr.	Anlagenbezeichnung	Lösemittel [kg/h]	Lösemittel [t/a]	Feststoff [kg/h]	Feststoff [t/a]
A	Spritzkabinen mit Abdunstzonen	9	49,5	9	49,5
B	Spritzkabinen/ Konservierungskabinen mit Abdunstzonen	8	44,0	4	22,0
C	Farbgebungsanlage (KTL und Handspritzkabinen mit Trockner und Kühlzone)	80	440,0	119	654,5
			<b>533,5</b>	<b>726</b>	

Berechnung Bezugsemission:

Bezugsemission = Feststoff/a \* Multiplikationsfaktor

Multiplikationsfaktor für Anlagen-Nr. 8.1: 1,5

Bezugsemission = 726 t/a \* 1,5 = 1089 t/a

Berechnung Zielemission:

Zielemission = Bezugsemission \* Prozentsatz (LV > 15 t/a)

Prozentsatz für Anlagen-Nr. 8.1: (20 + 5) %

Zielemission = 1089 t/a \* 25 % = 272,3 t/a

Berechnung max. zulässigen Gesamtemission ab 2005:

max. zulässige Gesamtemission = Zielemission \* 1,5

max. zulässige Gesamtemission = 272,3 t/a \* 1,5 = 408,4 t/a

Bei der Annahme, dass der Lösemittelinput vollständig emittiert, ist die Gesamtemission der Anlage mit dem Input I1 gleichzusetzen und beträgt 533,5 t/a. Die max. zulässige Gesamtemission ab 2005 und die Zielemission können nicht eingehalten werden. Es sind Emissionsminderungsmaßnahmen erforderlich<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> wegen fehlender Daten konnten die Emissionen aus der Reinigung der Applikationsgeräte (Anteil an den Gesamtemissionen ca. 20 %) und die der TNV zugeführten Emissionen aus der KTL und aus den Trocknern (Anteil an den Gesamtemissionen ca. 20 %) nicht berücksichtigt werden. Andererseits würden sie sich gegeneinander weitgehend aufheben, so dass die generelle Aussage des Beispiels nicht berührt wird.

	<b>Emissionen</b>	<b>Emissionsüberschreitung um mindesten</b>
Gesamtemission der Anlage	533,5 t/a	-
max. zulässige Gesamtemission ab 2005	408,4 t/a	125,1 t/a
Zielemission	272,3 t/a	261,2 t/a

### **Reduzierungsoption:**

Die Farbgebungsanlage C wird durch die Anlagen D, E und F ersetzt: Die KTL wird gegen eine neue ausgetauscht. Eine Pulverlackierung für die Decklackbeschichtung und eine Nassspritzanlage für den Einsatz lösemittelreduzierter Sonderfarben werden neu installiert. Die Anlagen A und B werden während der Umbauphase weiter betrieben, danach stillgelegt. Der Lösemittelinput wird insbesondere durch die Errichtung der Pulverlackierung gesenkt, der Feststoffanteil um ca. 100 t/a durch den höheren Auftragswirkungsgrad reduziert.

### Input II

<b>Nr.</b>	<b>Anlagenbezeichnung</b>	<b>Lösemittel [kg/h]</b>	<b>Lösemittel [t/a]</b>	<b>Feststoff [kg/h]</b>	<b>Feststoff [t/a]</b>
D	KTL, neu	9	49,5	63	346,5
E	Nassspritzanlage, neu	6,3	34,7	6,3	34,7
F	Pulverlackierungsanlage, neu	-	-	47,3	260,2
			<b>84,2</b>		<b>641,4</b>

### Berechnung Bezugsemission:

$$\text{Bezugsemission} = 641,4 \text{ t/a} * 1,5 = 962,1 \text{ t/a}$$

### Berechnung Zielemission:

$$\text{Zielemission} = 962,1 \text{ t/a} * 25 \% = 240,5 \text{ t/a}$$

### Berechnung der max. zulässigen Gesamtemission ab 2005:

$$\text{Zielemission} * 1,5 = 240,5 \text{ t/a} * 1,5 = 360,8 \text{ t/a}$$

Bei der Annahme, dass der Lösemittelinput vollständig emittiert, ist die Gesamtemission der Anlage mit dem Input II gleichzusetzen und beträgt 84,2 t/a. Die Zielemission wird mit den aufgeführten Minderungsmaßnahmen deutlich unterschritten.

Auch wenn die Gesamtemissionen der Anlage die Zielemission nicht überschreiten, gelten für die genehmigungsbedürftige Anlage entsprechend des Standes der Technik im Sinne des § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG weiterhin die Anforderungen der TA Luft, z.B. Einhaltung der Emissionswerte für organische Stoffe nach Nr. 3.1.7 Klasse I und des Emissionsgrenzwertes von 50 mg C/m<sup>3</sup> im Abgas nach dem Trockner.

### 6.5.2 Erzeugnisse des allgemeinen Maschinenbaus

Dargestellt wird ein Reduzierungsplan mit möglichen Reduzierungsoptionen. Die Anlage der Nummer 8.1 – „Beschichtung von Metall- oder Kunststoffoberflächen“ - steht bei einem Unternehmen des allgemeinen Maschinenbaus. Die Beschichtung der Erzeugnisse erfolgt im 2-Schicht-Verfahren: Grundierung und Decklack. Bei den Ausgangsdaten handelt es sich um die Erfassung des Input. Der Output wird nicht separat berücksichtigt, d.h. es wird angenommen, dass die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen dem Input gleichzusetzen sind. Beim Einsatz geschlossener Anlagen zur Werkzeugreinigung wird dagegen davon ausgegangen, dass der Input an Reinigungslösemitteln nicht emittiert wird. Die Umrechnung von Volumenangaben (Liter) in Kilogramm erfolgt mit einer Dichte von 0,89.

#### Input/Ausgangsdaten:

Prozess	Feststoffgehalt [%]	Lösemittelgehalt [%]	Durchsatz/a	Feststoff [kg/a]	Lösemittel [kg/a]
manuelle, offene Werkzeugreinigung	0	100,0	5677 l	0	5053
Beschichtung					
1K Grundierung	32,4	63,0	6027 kg	1953	3797
Decklack	46,7	53,3	16827 kg	7858	8969
Einstellverdünnung	0	100,0	2524 l	0	2247
				<b>9811</b>	<b>20066</b>

#### Berechnung Bezugsemission:

Bezugsemission = Feststoff/a \* Multiplikationsfaktor

Multiplikationsfaktor für Anlagen der Nr. 8.1 = 1,5

Bezugsemission = 9811 kg/a \* 1,5 = 14716,5 kg /a

#### Berechnung Zielemission:

Zielemission = Bezugsemission \* Prozentsatz

Prozentsatz für Anlagen der Nr. 8.1 (LV > 15 t/a) = (20 + 5) %

Zielemission = 14716,5 kg /a \* 25 % = 3679,1 kg /a

Berechnung max. zulässige Emission ab 2005:

Zielemission \* 1,5 = 3679,1 kg /a \* 1,5 = 5518,7 kg /a

Gesamtemission der Anlage

Die Zielemission muss von der tatsächlichen Gesamtemission, die von der Anlage ausgeht, unterschritten werden. Bei der Annahme, dass alle flüchtigen organischen Verbindungen emittiert werden, beträgt die Gesamtemission der Anlage insgesamt 20.066 kg /a. Sie setzt sich zusammen aus dem Reiniger, Lösemittel in der Grundierung und im Decklack sowie der Einstellverdünnung. Wird ein Teil der Lösemittel als Abfall entsorgt, kann die Menge vom Input abgezogen werden.

	<b>Emissionen</b>	<b>Emissionsüberschreitung um</b>
Gesamtemission der Anlage	20066 kg /a	-
max. zulässige Emission ab 2005	5518,7 kg /a	14.547,3 kg /a
Zielemission	3679,1 kg /a	16.386,9 kg /a

Die Anlage überschreitet die nach dem Reduzierungsplan errechnete Zielemission. Durch mögliche Reduzierungsoptionen (hier: geschlossene Werkzeugreinigung, Erhöhung des Feststoffgehaltes in der Grundierung und dem Decklack) wird versucht, die Zielemission einzuhalten.

Reduzierungsoption 1:

Anwendung einer geschlossenen Werkzeugreinigung, Erhöhung des Feststoffanteils in der Grundierung. Der Lösemittelverbrauch sinkt auf 5-15 t/a. Bei der Ermittlung der Zielemission wird daher der Prozentsatz für einen Lösemittelverbrauch < 15 t/a entsprechend der Tabelle 6 in Höhe von (25 + 15) % angewendet.

<b>Prozess</b>	<b>Feststoffgehalt [%]</b>	<b>Lösemittelgehalt [%]</b>	<b>Durchsatz/a</b>	<b>Feststoff [kg/a]</b>	<b>Lösemittel [kg/a]</b>
Destillation, geschl. Werkzeugreinigung	0	100,0	1145 l	0	(1019)*
Beschichtung					
1K Grundierung	58	42	3896 kg	2260	1636
Decklack	46,7	53,3	16827 kg	7858	8969
Einstellverdünnung	0	100,0	2524 l	0	2247
				<b>10118</b>	<b>12852**</b>

\* Mengen werden bei der Ermittlung der Gesamtemission nicht berücksichtigt, da Einsatz in geschlossenen Reinigungsanlagen, \*\*ohne Lösemittel aus der geschlossenen Werkzeugreinigung

Berechnung Bezugsemission:

Bezugsemission = 10118 kg/a \* 1,5 = 15177 kg /a

Berechnung Zielemission:

Prozentsatz für Anlagen der Nr. 8.1 (LV < 15 t/a): (25 + 15) %

Zielemission = 15177 kg /a \* 40 % = 6071 kg /a

Berechnung max. zulässigen Emission ab 2005:

Zielemission \* 1,5 = 6071 kg /a \* 1,5 = 9107 kg /a

Gesamtemission der Anlage:

	<b>Emissionen</b>	<b>Emissionsüberschreitung um mindesten</b>
Gesamtemission der Anlage	12852 kg/a	-
max. zulässige Emission ab 2005	9107 kg/a	3745 kg /a
Zielemission	6071kg/a	6781 kg /a

Mit der Reduzierungsoption 1 kann die Zielemission nicht eingehalten werden. Es müssen weitere Minderungsmaßnahmen vorgenommen werden.

Reduzierungsoption 2: Erhöhung des Feststoffanteils im Decklack

<b>Prozess</b>	<b>Feststoff- gehalt [%]</b>	<b>Lösemittel- gehalt [%]</b>	<b>Durch- satz/a</b>	<b>Feststoff [kg/a]</b>	<b>Lösemittel [kg/a]</b>
Destillation, geschl. Werkzeugreinigung	0	100,0	1145 l	0	1019*
Beschichtung					
1K Grundierung	58	42	3896 kg	2260	1636
Decklack	54,8	45,2	13660 kg	7486	6174
Einstellverdünnung	-	100,0	2051 l*	-	1825
				<b>9746</b>	<b>9635**</b>

\* Mengen werden bei der Ermittlung der Gesamtemission nicht berücksichtigt, da Einsatz in geschlossenen Reinigungsanlagen, \*\*ohne Lösemittel aus der geschlossenen Werkzeugreinigung

Berechnung Bezugsemission:

Bezugsemission = 9746 kg/a \* 1,5 = 14619 kg /a

Berechnung Zielmission:

Prozentsatz (LV > 15 t/a) für Anlagen der Nr. 8.1 = (25 + 15) %

Zielemission 2007: 14619 kg /a \* 40 % = 5848 kg /a

Berechnung max. zulässige Gesamtemission ab 2005:

$$\text{Zielemission} * 1,5 = 5848 \text{ kg/a} * 1,5 = 8772 \text{ kg/a}$$

Gesamtemission der Anlage:

	<b>Emissionen</b>	<b>Emissionsüberschreitung um mindestens</b>
Gesamtemission der Anlage	9635 kg/a	-
max. zulässige Emission ab 2005	8772 kg/a	863 kg/a
Zielemission	5848 kg/a	3787 kg/a

Die vorgesehenen Minderungsmaßnahmen der Reduzierungsoptionen 1 und 2 sind nicht ausreichend, um die Zielemission einzuhalten. Es sind weitere Reduzierungsmaßnahmen erforderlich, wobei die Grundierung oder der Decklack vollständig auf hochfestkörperhaltige Lacke oder Wasserlacke umgestellt werden müssten.

## **6.6 Tätigkeit Nr. 9 - Beschichten von Holz**

### **6.6.1 Fensterherstellung**

Bei dem Unternehmen handelt es sich um eine Tischlerei für Fensterbau mit rechnergestützter Produktion. Das Leistungsspektrum umfasst die Herstellung von Fenstern verschiedener Größen und unterschiedlicher Ausführung. Pro Tag werden ca. 40 einflügelige Fenster inklusive Rahmen hergestellt. Die Beschichtungsanlage besteht aus einer Flutanlage zum Grundieren und einer elektrostatisch arbeitenden Lackieranlage (Lackierroboter) für den Decklack. Es werden grundsätzlich Wasserlacke und -lasuren eingesetzt. Bei der Decklackierung werden ca. 90 % des Oversprays aufgefangen und dem neuen Lack zugeführt. Das Mischungsverhältnis alt/neu beträgt ca. 1:2.

Input I1:

Aufgrund des hohen Automatisierungsgrades der Produktion wird angenommen, dass es sich um eine Anlage zur Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen der Nr. 9.1 nach Anhang I der 31. BImSchV handelt. Bei der Ermittlung der erforderlichen Daten konnte auf die Angaben des einzigen Lieferanten zurückgegriffen werden.

Material	Verbrauch kg	enthaltene VOC		enthaltene Feststoffe	
		%	kg	%	kg
Lack	11954,67	0,00	0,00	34,67	4148,10
Lack	1949,33	0,00	0,00	41,72	813,22
Lack	12,00	0,00	0,00	33,95	4,07
Lack	93,33	0,00	0,00	55,09	51,41
Lack	6162,67	3,48	214,71	16,38	1009,63
Lack	76,00	3,79	2,88	14,63	11,12
Lack	114,67	4,13	4,74	16,27	18,65
Lack	270,67	4,33	11,71	17,01	46,05
Lack	7544,00	4,58	345,67	40,59	3062,34
Grundierung	7929,34	4,35	344,61	24,62	3127,04
Grundierung	4928,00	3,31	162,97	49,98	2463,01
Lasur	521,33	3,49	18,20	14,82	77,24
Lack	70,67	5,15	3,64	45,09	32,16
Hilfsmittel	132,00	60,00	79,20	32,04	42,29
Verdünnung	34,67	100,00	34,67	0,00	0,00
Reiniger	12,00	20,78	2,49	0,00	0,00
Beschichtungsstoffe	<b>41805,35</b>	Input I1	<b>1225,48</b>	Feststoff	<b>14906,33</b>

#### Lösemittelverbrauch (LV = I1 – O8):

Aus der mit Hilfe der Tabellenkalkulation erstellten Tabelle geht hervor, dass der Lösemittelverbrauch trotz des hohen Bedarfs an Beschichtungsstoffen mit 1,2 t/a deutlich unterhalb des Schwellenwertes von 5 t/a liegt, da fast ausschließlich Wasserlacke eingesetzt werden. Die Anlage fällt nicht unter die Verordnung und ist somit **nicht** anzeigepflichtig.

Um auf der sicheren Seite zu stehen und periodische Nachfragen seitens der zuständigen Vollzugsbehörde zu vermeiden, steht es dem Betreiber offen, den vereinfachten Reduzierungsplan in Form einer verbindlichen Erklärung über den Einsatz lösemittelarmer bzw. -freier Beschichtungsstoffe anzuwenden<sup>1</sup>.

Die beispielhafte Berechnung der Zielemission selbst bei Anwendung der strengeren Anforderungen des spezifischen Reduzierungsplans für Anlagen der Nr. 9.2 (Multiplikationsfaktor 3 statt 4) zeigt, dass die tatsächliche Gesamtemission (entspricht hier I1) weit darunter liegt.

Zielemission = Feststoff \* Multiplikationsfaktor \* Minderungsfaktor

Zielemission = 14.906 \* 3 \* 0,4 = 17.887 kg

<sup>1</sup> siehe Anhang IV, Abschnitt C, Nr. 3 der 31. BImSchV; s. Kap.4.3, S. 33

## 6.6.2 Möbelhersteller (Lösemittelverbrauch 5-15 t/a)

### Kurzbeschreibung der Anlage [18]:

Es handelt sich um eine Stuhl-Lackieranlage, die im Spritzverfahren ca. 60 Stühle in der Stunde beschichtet. Bei 8 Stunden pro Tag und 220 Arbeitstagen im Jahr durchlaufen ca. 105.000 Stühle jährlich die Anlage. Es entstehen pro Jahr ca. 12.000 t Lackschlamm bei der Nassauswaschung des Oversprays aus der Kabinenabluft (50-60 % der eingesetzten Lackmenge).

### Input I1/Ausgangsdaten:

Verfahrensschritte	Menge [kg/Stck]	Menge [kg/a bei 105.000 Stck]	Lösemittelgehalt [%]	Lösemittel [kg/Stck]	Lösemittel [kg/a bei 105.000 Stck]
Spritzauftrag (wässrige Pulverbeize)	0,15	15750	0	0	0
Grundierung im Tauchverfahren (NC-Lack)	0,14	14700	70	0,098	10290
Endlackierung im elektrostatisch arbeitenden Spritzverfahren (UV-Wasserlack)	0,10	10500	8	0,008	840
Summe	0,39	40.950	-	<b>0,106</b>	<b>11.130</b>

### Lösemittelverbrauch (LV = I1 – O8):

Der Lösemittelverbrauch beträgt 11,1 t/a. Der Schwellenwert von 5 t/a für Anlagen zur Beschichtung von Holz oder holzähnlichen Werkstoffen wird überschritten. Die Anlage ist **anzeigepflichtig**.

Gemäß den Anforderungen nach §5(6) und Anhang III Nr. 9.1 hat der Betreiber jeweils nach Ablauf von 3 Jahren eine Lösemittelbilanz, ab dem Jahr 2013 einen Reduzierungsplan zu erstellen. Neuanlagen müssen den anerkannten Stand der Beschichtungstechnik einhalten, d.h. entsprechende lösemittelreduzierte Beschichtungsstoffe einsetzen.

### Reduzierungsoption

Es wurde eine Stuhl-Lackieranlage mit UV-Trocknung und Lackrückgewinnung installiert. Sie beinhaltet eine stufenlos, automatisch geregelten Kreisförderer mit einer Länge von 234 m und 292 Stück Stuhlträger, jeweils um 4 x 90° drehbar. Die Stühle werden mittels Kreisförderer dem Spritzroboter zugeführt und unter Drehung der Stuhlträger lackiert. Der Lackauftrag erfolgt elektrostatisch. Die Wände der Lack-in-Lack-Spritzkabine werden mit dem zu verspritzenden Lack berieselt, der den Overspray auffängt und im Kreislauf geführt wird.

Bei der Umstellung sind folgende Probleme aufgetreten: Die bisher eingesetzte Beize kann aufgrund der Ausblutproblematik nicht mehr eingesetzt werden. Für den Einsatz von wasserverdünnbaren Tauchlacken muss das Tauchbecken aus Edelstahl oder Kunststoff gefertigt sein. Ebenso muss ein Filtermodul beim Umpumpen des Tauchlacks zwischengeschaltet werden, um Holzstäube oder Gelpartikel aus dem Becken zu entfernen. Die Trocknungszeit im Hängeförderer bei Raumtemperatur wurde verlängert. Der Lackierprozess beinhaltet folgende Verfahrensschritte:

Verfahren	Menge [kg/Stck]	Menge [kg/a bei 105.000 Stck]	Lösemittelgehalt [%]	Lösemittel [kg/Stck]	Lösemittel [kg/a bei 105.000 Stck]
Spritzauftrag (lösemittelhaltige Beize)	0,15	15750	9	0,0135	1417,5
Grundierung im Tauchverfahren (1 K-Hydrolack )	0,14	14700	9	0,0126	1323
Endlackierung im elektrostatisch arbeitenden Spritzverfahren (UV-Wasserlack)	0,10	10500	8	0,008	840
	<b>0,39</b>	<b>40.950</b>	<b>-</b>	<b>0,0341</b>	<b>3580,5</b>

Der Lösemittelverbrauch sinkt pro Stuhl von 0,11 kg auf 0,04 kg. Insgesamt geht der Lösemittelverbrauch in der Anlage von 11,1 t/a auf 3,6 t/a zurück. Die Anlage fällt nicht mehr in den Geltungsbereich der Verordnung und ist damit **nicht** anzeigepflichtig.

Weitere Vorteile der Umstellung sind:

- Reduzierung der Lösemitteldämpfe am Tauchbecken
- Einsparungen durch Abfallreduzierung

### 6.6.3 Holzbeschichtung (Lösemittelverbrauch > 15 t/a)

#### Sargherstellung:

In dem Holz be- und verarbeitenden Betrieb werden Holzsärgе hergestellt, die im Spritzverfahren mit Wasserlacken (Lackierroboter, Lack-in-Lack-Verfahren, Lackrecycling, Trocknung im Umluftbetrieb) beschichtet werden. Sonderanfertigungen werden dagegen in Handspritzständen mit lösemittelhaltigen Lacken versehen. Eine Abgasreinigungseinrichtung ist nicht vorhanden. Das gefasste unbehandelte Abgas wird über Dach abgeleitet. Die darin enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen zählen zu den diffusen Emissionen<sup>1</sup>.

Anhand überschlägiger Berechnungen kann davon ausgegangen werden, dass der Input I abzüglich eines geringen Austrags im Abfall, der hier vernachlässigt werden kann, diffus emittiert. Der Grenzwert für diffuse Emissionen von 25 % des eingesetzten Lösemittels (Input I) kann damit nicht eingehalten werden. Folglich kommt alternativ zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte der Reduzierungsplan zur Anwendung.

#### Input (I1, I2)/Ausgangsdaten:

(Orientierungsdaten des Anlagenbetreibers, Bilanzzeitraum 1999)

Material	Verbrauch kg	enthaltene VOC		enthaltene Feststoffe	
		%	kg	%	kg
Beize	710	95	675	3	21
Farbe	1.076	92	990	9	97
Grundierung	14.904	54	8.048	45	6.707
Grundierung	5.714	1	57	55	3.143
Härter	18	55	10	45	8
Hilfsmittel	101	15	15	8	8
Hilfsmittel	565	94	531	6	34
Lack	3.011	75	2.258	20	602
Paste	151	3	4	52	79
Verdünnung	1.311	100	1.311	0	0
Wachs	2.130	76	1.619	20	426
Wasserlack	5.116	26	1.330	10	512
<b>Input I/1</b>	<b>34.807</b>		<b>16.848</b>	<b>Feststoffe</b>	<b>11.637</b>
Recycling-Wasserlack	860	26	223		
Recycling-Grundierung	1.570	1	16		
<b>Input I/2</b>			<b>239</b>		
<b>Input I</b>			<b>17.087</b>		

<sup>1</sup> siehe Anhang III Nr. 9.2.2 der 31. BImSchV

Lösemittelverbrauch (LV = I1 - O8): 16,8 t/a

Der Schwellenwert von 15 t/a ist überschritten. Es müssen die Anforderungen an die Anlagen Nr. 9.2 des Anhangs I eingehalten werden. Darüber hinaus handelt es sich um eine genehmigungsbedürftige Anlage nach 4.BImSchV.

Feststoffe: 11,6 t/a

Reduzierungsplan<sup>1</sup>:

- Bezugsemission  
berechnet nach: kg Feststoffen/a \* Multiplikationsfaktor 3 = 34,8 t/a
- max. zulässige Gesamtemission ab 2005  
berechnet nach: Bezugsemission \* Prozentsatz (25+15) \* 1,5 = 20,9 t/a
- Zielemission  
berechnet nach: Bezugsemission \* Prozentsatz (25+15) = 13,9 t/a

Gesamtemissionen der Anlage:

	<b>Emissionen</b>	<b>Emissionsüberschreitung um</b>
Gesamtemission der Anlage	17,08 t/a	-
max. zulässige Emission ab 2005	20,9 t/a	keine
Zielemission	13,9 t/a	2,9 t/a

Die max. zulässige Emission ab 2005 wird eingehalten. Bis zum 31.10.2007 sind jedoch weitere Emissionsminderungsmaßnahmen erforderlich, z.B. durch Senkung des Lösemittelgehaltes im Wasserlack, der mit 26% noch relativ hoch ist.

## 6.7 Tätigkeit Nr. 15 - Herstellung von Schuhen

### Emissionsminderungsmaßnahmen

In einer bestehenden Anlage zur Herstellung von Schuhen wird der Lösemittelleinsatz von 25 g pro Paar Schuhe weit überschritten. Ohne Abgasreinigung kann damit der Gesamtemissionsgrenzwert von < 25 g pro vollständiges Paar Schuhe nicht eingehalten werden. Auf den Einsatz von lösemittelhaltigen Klebstoffen kann wegen der geforderten Produktparameter, wie Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Öl, Fett, Säuren und Benzin, nicht verzichtet werden.

---

<sup>1</sup> vgl. Tabelle Anhang IV Abschnitt B Nr.9

Die Firma entschied sich für die Errichtung einer Abgasreinigung. Aufgrund der relativ geringen Lösemittelkonzentration im Abgasstrom fiel die Entscheidung für ein biologisches Verfahren. Die flüchtigen organischen Verbindungen gelangen in einen Bioreaktor, in dem sie durch Mikroorganismen zu Kohlendioxid, Wasser und Biomasse umgesetzt werden.

Biologische Anlagen zur Abgasreinigung ermöglichen die Aufbereitung von Luftströmen mit einer Beladung bis zu  $2,5 \text{ g/m}^3$ . Es werden bis zu 96 % der flüchtigen organischen Verbindungen aus dem Abgas abgebaut. Der Gesamtemissionsgrenzwert wird damit eingehalten.[19]

## **7 Vorhandene Leitfäden und EDV-Anwendungen**

In diesem Kapitel soll auf bereits erschienene oder in Bearbeitung befindliche Leitfäden zur Umsetzung der Lösemittelverordnung in die Praxis hingewiesen werden.

Der Bearbeitungsstand ist Oktober 2001. Danach veröffentlichte Leitfäden oder EDV-Anwendungen konnten nicht berücksichtigt werden.

### **7.1 Studien und Leitfäden**

Im Vorfeld der deutschen Lösemittelverordnung wurden bereits verschiedene Gutachten erstellt, in denen mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen ermittelt und dargestellt wurden und in denen die Anwendbarkeit zur Erfüllung der Anforderungen der EG-Lösemittelrichtlinie (EG/13/1999) in bestimmten Tätigkeitsbereiche untersucht wurde.

#### **7.1.1 Forschungsberichte über Emissionsminderungspotentiale**

Das Umweltbundesamt hat in den vergangenen Jahren eine Reihe von Forschungsvorhaben initiiert, die sowohl Informationen über aktuelle statistische Daten zum Einsatz von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und deren Emissionen als auch über mögliche Minderungsmaßnahmen enthalten.

- „Stand der Technik und Potentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Anlagen zur Reinigung von Oberflächen“ [9]
- „Ermittlung des Standes der Technik und der Emissionsminderungspotentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien“ [16]
- „Einsatzmöglichkeiten lösemittelarmer Produkte – Wissensspeicher zur Förderung von Innovationen in der lösemittelverwendenden Industrie“ [10]

#### **7.1.2 Leitfäden**

##### *7.1.2.1 Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan für Druckereien*

Hierbei handelt es sich um einen Leitfaden zur Erstellung von „Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan für Druckereien“ [6] nach den Vorgaben der EG-Lösemittelrichtlinie.

Der Leitfaden erläutert in Kürze die Notwendigkeit zur Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen sowie die rechtlichen

Vorgaben, Anforderungen und Pflichten der Betreiber nach der EG-Lösemittelrichtlinie und geht ausführlich auf die Erstellung von Lösemittelbilanzen und Reduzierungsplänen ein. Die aufgeführten Fallbeispiele zeigen die Anwendung der neuen Instrumente Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan. Die im Anhang enthaltenen Formulare zur Ermittlung der Ein- und Austräge flüchtiger organischer Verbindungen einer Anlage sind verständlich und übersichtlich gegliedert.

Eine Überarbeitung in Hinblick auf die deutsche Lösemittelverordnung ist nicht vorgesehen. Trotzdem enthält der Leitfaden wertvolle Hinweise zur Erfassung der Ein- und Austräge sowie zur Erstellung von Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan.

Der Leitfaden kann bezogen werden unter der Postanschrift:

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg

- Broschürenversand -

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

#### *7.1.2.2 Minderung der VOC-Emission in Schreinereien*

Im Rahmen von vier Projekten, die das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg 1999 aufgrund der EU-Lösemittelrichtlinie in Auftrag gegeben hat, wurde in Zusammenarbeit mit dem Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg (UIZ) untersucht, wie sich die VOC-Emissionen aus Schreinereien reduzieren lassen. Die Projektberichte [20,21] geben Auskunft darüber,

- welche Stoffe zu den VOC-Emissionen in Schreinereien beitragen,
- welche Möglichkeiten existieren, VOC-Emissionen z. B. durch Verwendung von Wasserlacken zu begrenzen,
- welche Techniken dazu beitragen, dass die Verarbeitung von Wasserlacken ähnlich komfortabel ist wie die der herkömmlichen Lacke (Konstruktion eines speziellen, für den Wasserlackeinsatz geeigneten Handwagens) und
- wie VOC-Emissionen durch den Einsatz von Ölen und Wachsen verringert werden können und welche Anwendungsfelder für Öle und Wachse gegeben sind.
- Eine Excel-Datei erleichtert dem Schreiner das Aufstellen einer Lösemittelbilanz, wie sie in der EG-Lösemittelrichtlinie verlangt wird.

Alle Projektberichte sind unter "Klima- und Immissionsschutz" bei den Veröffentlichungen des Ministeriums auf der Seite [http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/home/ind\\_pub.html](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/home/ind_pub.html) abrufbar.

Eine Überarbeitung der Publikationen und der Excel-Datei im Hinblick auf die deutsche Lösemittelverordnung ist nicht vorgesehen.

#### *7.1.2.3 Holz lösemittelarm lackieren*

Der Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitende Industrie und verwandter Industriezweige (HdH) und der Verband der Lackindustrie (VdL) haben zusammen eine Broschüre „Holz lösemittelarm lackieren – Praxis-Ratgeber zur Umsetzung der europäischen VOC-Richtlinie in der Holz- und Möbelindustrie“ [12] erarbeitet und herausgegeben.

Wesentlicher Bestandteil der Broschüre ist neben der Darstellung der Anforderungen nach der EU-Lösemittelrichtlinie, der Datenermittlung und der durchschnittlichen Lösemittelgehalte von Lack- bzw. Beizentypen eine Programmbeschreibung der mitgelieferten elektronischen Tabellenkalkulation zur Erfassung und Berechnung der Lösemittelmengen, zur Erstellung von Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan. Das Programm bietet die Möglichkeit, verschiedene Reduzierungsoptionen durchzurechnen.

Informationen hierzu sind im Internet unter [www.hdh-ev.de](http://www.hdh-ev.de) einzusehen oder abzufragen.

#### *7.1.2.4 Wasserlacke in der Kfz-Reparaturlackierung*

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg hat aufgrund der EU-Lösemittelrichtlinie im Jahr 2000 zwei Projekte zum Wasserlackeinsatz in der Kfz-Reparaturlackierung in Auftrag gegeben:

- Leitfaden zum Einsatz von Wasserlacken in der Kfz-Reparaturlackierung [22]
- Wasserlacke in der Reparaturlackierung von Kraftfahrzeugen [23]

Die Projektberichte enthalten Informationen zur Verwendung von Wasserlacken und lösemittelarmen/-freie Hilfsmittel in der Kfz-Reparaturlackierung, behandeln Problembereiche und zeigen mögliche Lösungswege auf.

Die Berichte sind unter "Klima- und Immissionsschutz" bei den Veröffentlichungen des Ministeriums auf der Seite [http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/home/ind\\_pub.html](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/home/ind_pub.html) abrufbar oder beim Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, - Broschürenversand -, Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart, zu beziehen.

## 7.2 EDV-Anwendung/ Internet

### 7.2.1 Wissensspeicher/Internetportal UBA

Ein großer Verursacher von **VOC-Emissionen** ist die Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten in offenen Anwendungen und im Handwerk oder beim privaten Endverbraucher (Emissionen im Jahr 1999: ca. 1,0 Mio. t) mit den Schwerpunkten Verarbeitung von Lacken und Farben, Klebstoffverarbeitung, Druckindustrie sowie Oberflächenreinigung. Die Anwendung der nachgeschalteten Abgasreinigung ist i.d.R. unverhältnismäßig. Um auch hier die VOC-Emissionen zu senken, sind produktbezogene Maßnahmen erforderlich.

Zur Förderung des Einsatzes lösemittelarmer Produkte und zur Unterstützung insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen des Handwerks hat das Umweltbundesamt das Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung in Karlsruhe beauftragt, für Lacke, Farben, Klebstoffe, für die Oberflächenreinigung und die Druckindustrie eine umfassende Bestandsaufnahme über das Angebot an lösemittelarmen Produkten und den dafür verfügbaren Anwendungstechniken zu erstellen (10). Diese Informationen wurden in einen „Wissensspeicher“ umgesetzt und sind im Internet unter <http://www.umweltbundesamt.de/voc/> dem Anwendern lösemittelhaltiger Produkte zugänglich. Für Lacke und Farben sowie für Kleb- und Verlegewerkstoffe (Innenausbau) konnte jeweils eine Produktdatenbank entwickelt werden, die dem Interessenten direkt über das Internet aufgaben- und anwendungsbezogen Informationen über geeignete lösemittelarme Produkte liefert.

### 7.2.2 Umsetzungshilfe für die Druckindustrie

#### **Bestimmung von Kapazitäten, Verbräuchen und Emissionen**

Der Bundesverband Druck und Medien e.V. (bvdm) hat ein Computerprogramm zur Umsetzung der Lösemittelverordnung und zur Kapazitätsberechnung nach der novellierten 4. BImSchV [14] entwickeln lassen. Es soll die Umsetzung der neuen Rechtslage in den Druckereien erleichtern sowie eine Verständigung im Vollzug schaffen. In der Hauptsache wendet es sich an die Mitgliedsbetriebe, soll aber auch für andere Interessierte zugänglich sein.

Das Programm erfüllt folgende Funktionen:

- Erstellen einer Lösemittelbilanz nach der Lösemittelverordnung
- Erstellen eines Reduzierungsplans nach der Lösemittelverordnung, wobei sich alternative Emissionsprognosen durchführen und die Wirksamkeit von Maßnahmen rechnerisch abbilden lassen.
- Bestimmung des Lösemittelverbrauchs nach Spalte 1 bzw. Lösemittelseinsatzes nach Spalte 2 der 4. BImSchV.

Eine umfangreiche Hilfsdatei erläutert zu jeder Maske die gestellte Aufgabe und gibt Hinweise, wie die Eingabedaten zur Berechnung der Kapazitäten, Verbräuche und Emissionen gewonnen werden können.

Informationen hierzu sind im Internet auf der Homepage des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. unter [www.bvdm-online.de](http://www.bvdm-online.de) einzusehen.

### **7.2.3 Anwendungen aus diesem Bericht**

Die im Kapitel 5.6.1 angesprochene Tabellenkalkulation (Tabelle, Seite 63) sowie der Bericht „Vorschläge zur Umsetzung der Lösemittelverordnung“ sind über [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) abzufragen und herunterzuladen.

## 8 Zusammenfassung

Während der Umsetzung der „Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen“ in deutsches Recht hat sich gezeigt, dass ein dringender Informationsbedarf aller Beteiligten besteht.

Nach einem kurzen Überblick über die rechtlichen und fachlichen Hintergründe zur Lösemittelverordnung – 31. BImSchV - wird auf den Geltungsbereich für bestimmte Tätigkeiten in bestimmten Anlage in Abhängigkeit eines Schwellenwertes hingewiesen. Anschließend werden die neuen Instrumente des Umweltrechts, der Reduzierungsplan und die Lösemittelbilanz dargestellt.

Es werden die Definitionen der Lösemittelinträge und die verschiedenen Wege des Austrages aus einer Anlage erläutert, die Stoffstromermittlung und -erfassung, die Berechnung der diffusen Emissionen und der Gesamtemissionen sowie die Ermittlung des Lösemittelverbrauchs anhand von Beispielen für die in Deutschland besonders emissionsrelevanten Tätigkeitsbereiche beschrieben. Des Weiteren werden Fallbeispiele für die Anwendung von Reduzierungsplänen vorgestellt.

Unter Beteiligung von einigen Fachbehörden einzelner Bundesländer und durch Einbeziehung von anderen beteiligten Akteuren (z.B. Hersteller von Maschinen und lösemittelhaltigen Produkten sowie Handel, Verbände und Institutionen) sind Hilfen in Form von Tabellen und Formularen erstellt worden.

Abschließend finden sich Hinweise auf Veröffentlichungen zum Thema Lösemittelbilanzen und Reduzierungspläne sowie zu bereits existierenden oder in Arbeit befindlichen EDV-Anwendung.

## Literaturverzeichnis

- [1] Protokoll zum Genfer Übereinkommen über grenzüberschreitende Luftverunreinigungen von 1979 zur Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und Bodenozone, UN/ECE (United Nations/Economic Commission for Europe – Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa), 1999
- [2] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11.03.1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen, Amtsblatt der EG L85/1
- [3] Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, BGBl. I, Nr. 44, S. 2180
- [4] 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – 31. BImSchV), Art. 1 der Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, BGBl. I, Nr. 44, S. 2180
- [5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung der Luft – TA Luft) vom 27.02.1986, GMBI. S. 95, 202
- [6] Ebinger, F.; Ch. Tebert: Lösemittelbilanz und Reduzierungsplan für Druckereien; Öko-Institut e.V. i.A. des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), 2000
- [7] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (Hrsg.): VOC-Richtlinie 1999/13/EG - Erstellung von Lösungsmittelbilanz und Reduzierungsplan; Schriftenreihe des BMLFUW, Bd. 12/2000; Wien 2000
- [8] Schmidt, W., G. Schmidt, U. Nolte: Abwasser bei Lackierprozessen – Entstehung, Mengenermittlung, analytische Beurteilung und Behandlungstechniken; Labor für Abwasser Technik der Fachhochschule Gelsenkirchen; Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.); Forschungsbericht 102 06 517, Berlin 1995

- [9] Leisewitz, A., W. Schwarz: Stand der Technik und Potentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Anlagen zur Reinigung von Oberflächen; Öko-Recherche; Umweltbundesamt Berlin(Hrsg.); Forschungsbericht 297 44 906/2, 1999
- [10] Umweltbundesamt (Hrsg.): Einsatzmöglichkeiten lösemittelarmer Produkte - Wissensspeicher zur Förderung von Innovationen in der Lösemittel verwendenden Industrie; Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), von Thienen-Consulting und ERM Lahmeyer International GmbH; Forschungsvorhaben 298 44 307, 3. Zwischenbericht; Berlin 2001
- [11] Bluhm, T., J. Bohnen, H. Krüssmann: Untersuchungen zum umweltverträglichen Einsatz der KWL-Reinigungstechnik; wfk - Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie e.V., Kurzbericht zum Forschungsvorhaben B 1731 UF, Krefeld 1996
- [12] Baums, M., W. Hansemann: Holz lösemittelarm lackieren - Praxis-Ratgeber zur Umsetzung der europäischen VOC-Richtlinie in der Holz- und Möbelindustrie; Hrsg.: Verband der Lackindustrie VdL e.V. und Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitende Industrie und verwandter Zweige H9DH e.V., Frankfurt 1999
- [13] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotentials im Schreinerhandwerk: Praxisgerechte Lösemittelbilanzierung in Schreinereien; Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg 2000
- [14] Gruhlke, A., H. Rech: Umsetzungshilfe für die Druckindustrie - Bestimmung von Verbräuchen, Kapazitäten, Emissionen; EDV-Anwendungsprogramm, Hrsg. Bundesverband Druck und Medien e.V. (bvdM), Wiesbaden 2001
- [15] Jepsen, D., A. Grauer, Chr. Tebert: Ermittlung des Standes der Technik und der Emissionsminderungspotentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien; Hrsg. Umweltbundesamt Berlin Forschungsbericht 297 44 906/01, Hamburg 1999
- [16] Gert Rentzel Ingenieur GmbH (Hrsg.): Tagungsband zum Seminar „Emissionsminderung Bedrucken und Beschichten“, Gelnhausen Mai 2001
- [17] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): ZH 1/562 Regeln für die Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Reinigen von Werkstücken mit flüssigen Reinigungsmitteln, Entwurf Nov. 1997

- [18] Informationszentrum für betrieblichen Umweltschutz (Hrsg.): Tagungsbericht zum Fachseminar „Lösemittelreduzierung und Energieeinsparung beim Lackierprozess“, Landesgewerbeamt Baden-Württemberg, Stuttgart Juli 1999
- [19] CEFIC-Fachverband European Solvent Industry Group (ESIG) (Hrsg.): Solutions – Nachrichten der Europäischen Lösemittelindustrie, Ausgabe Nr. 4, 1998/99
- [20] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Förderung des Wasserlackeinsatzes im Schreinerhandwerk durch optimierte Trocknungssysteme; Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V.; Freiburg 2000
- [21] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Nutzbarmachung des VOC-Minderungspotentials im Schreinerhandwerk; Umweltzentrum für Handwerk und Mittelstand e.V., Freiburg 1999
- [22] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden zum Einsatz von Wasserlacken in der Kfz-Reparaturlackierung; Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU), Dezember 2000
- [23] Rentz, O. et al.: Wasserlacke in der Reparaturlackierung von Kraftfahrzeugen - Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens zum verbesserten Einsatz von Wasserlacken in kleinen und mittleren Kfz-Reparaturlackierungen; Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) i.A. des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Dezember 2000

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entscheidungsschema für nicht genehmigungsbedürftige Betriebe .....	15
Abbildung 2: Prüfschema für Anlagen im Heatset-Rollenoffset-Druck.....	19
Abbildung 3: Prüfschema für Anlagen im Illustrationstiefdruck.....	20
Abbildung 4: Prüfschema für Anlagen sonstiger Drucktätigkeiten .....	21
Abbildung 5: Prüfschema für Anlagen zur Oberflächenreinigung .....	22
Abbildung 6: Prüfschema für Anlagen der Textilreinigung .....	23
Abbildung 7: Prüfschema für Anlagen der Fahrzeugreparaturlackierung ..	23
Abbildung 8: Prüfschema für Lackieranlagen von Metall- und Kunststoffoberflächen .....	24
Abbildung 9: Prüfschema für Lackieranlagen von Holz oder Holzwerkstoffen .....	25
Abbildung 10: Prüfschema für Anlagen der Textilveredlung (Beschichten/Bedrucken) .....	26
Abbildung 11: Varianten des Reduzierungsplanes .....	27
Abbildung 12: Mögliche Ausgestaltung einer verbindlichen Erklärung zum vereinfachten Reduzierungsplan der Anl. Nr. 9.1.....	35
Abbildung 13: Anwendungsbereiche der Lösemittelbilanz.....	36
Abbildung 14: Darstellung der Input- und Outputströme [6] .....	37
Abbildung 15: Einsatz- und Bilanzierungsmöglichkeiten von zurückgewonnenen Lösemitteln .....	40
Abbildung 16: Gefasste Abgase und diffuse Emissionen in die Luft .....	42
Abbildung 17: Fließschema der Stoffströme im Verpackungsdruck.....	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Inhaltsübersicht der Lösemittelverordnung.....	9
Tabelle 2:	Anlagen und Tätigkeiten im Anwendungsbereich der Lösemittelverordnung.....	11
Tabelle 3:	Übergangsfristen für Altanlagen .....	17
Tabelle 4:	Erstmaliger Nachweis der Einhaltung der Anforderungen .....	18
Tabelle 5:	Zeitliche Vorgaben zur Einhaltung der Zielemissionen.....	29
Tabelle 6:	Berechnungsgrößen zur Erstellung eines spezifischen Reduzierungsplans.....	30
Tabelle 7:	Anlagen, in denen der vereinfachte Reduzierungsplan angewandt werden kann .....	34
Tabelle 8:	Definitionen und Kurzbezeichnungen des Input / Output.....	38
Tabelle 9:	Anlagenarten mit Gesamtemissionsgrenzwerten .....	48
Tabelle 10:	Stufenmodell zur Berechnung der Gesamtemission.....	49
Tabelle 11:	Vorgehensweise zur Überprüfung auf Einhaltung des Reduzierungsplans .....	51
Tabelle 12:	Erforderliche Stoffströme bei Anwendung der mittelbaren Methode.....	52
Tabelle 13:	Checkliste für die qualitative Stoffstromermittlung bei Lackieranlagen .....	54
Tabelle 14:	Stoffströme in der Holzbeschichtung .....	54
Tabelle 15:	Checkliste der Stoffströme in der Kfz-Reparaturlackierung ..	57
Tabelle 16:	Mögliche Erfassungsgrundlagen für In- und Output sowie den Feststoffgehalt .....	61
Tabelle 17:	Input-Erfassung bei Lackieranlagen .....	63
Tabelle 18:	Erfassung Input I1 in der Oberflächen- und Textilreinigung	63
Tabelle 19:	Erfassung Input I2 in der Oberflächen- und Textilreinigung	64
Tabelle 20:	Umrechnungsfaktoren für Gesamt-C.....	65
Tabelle 21:	KWL- Gehalt der Abfälle aus Chemischreinigungsanlagen..	68
Tabelle 22:	Lösemittelgehalt der Abfälle aus der Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen nach HDH/VdL .....	68
Tabelle 23:	Lösemittelgehalt der Abfälle aus der Reproduktion von Text oder von Bildern.....	69

