

**Integrierte Vermeidung und Verminderung der
Umweltverschmutzung (IVU)**

**Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken
in der Textilindustrie**

Zusammenfassung in deutscher Übersetzung*

Juli 2003

* Diese Übersetzung ist noch nicht mit der Europäischen Kommission abgestimmt.

Umweltbundesamt
(German Federal Environmental Agency)
National Focal Point - IPPC
Wörlitzer Platz 1
D-06844 Dessau
Tel.: + 49 (0)340 2103-0
Fax: + 49 (0)340 2103-2236
E-Mail: nfp-ippc@uba.de (Subject: NFP-IPPC)

ZUSAMMENFASSUNG

EINFÜHRUNG

Das vorliegende BVT-Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken in der Textilindustrie beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates. Das Dokument ist im Zusammenhang mit dem Vorwort zu sehen, das die Zielsetzungen des Dokuments beschreibt und Hinweise zu seiner Verwendung gibt.

Das vorliegende Dokument umfasst die in Anhang 1 Nr. 6.2 der IVU-Richtlinie 96/61/EG beschriebenen industriellen Aktivitäten, nämlich „Anlagen zur Vorbehandlung (Waschen, Bleichen, Mercerisieren) oder zum Färben von Fasern oder Textilien, deren Verarbeitungskapazität 10 t pro Tag übersteigt“.

Darüber hinaus umfasst das BVT-Referenzdokument mehrere Anhänge mit ergänzenden Informationen zu Textilhilfsmitteln, Farbstoffen und Pigmenten, Textilmaschinen, typischen Rezepturen usw.

Die Zusammenfassung bietet einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse des Dokuments. Der Charakter einer solchen Zusammenfassung lässt es jedoch nicht zu, sämtliche Gesichtspunkte und Einzelheiten darzustellen. Deshalb sollte nur der Haupttext als Ganzes als Referenzmaterial bei der Bestimmung der BVT für eine bestimmte Anlage herangezogen werden.

DIE TEXTILINDUSTRIE

Die Textilindustrie zählt zu den am längsten bestehenden und komplexesten Branchen des verarbeitenden Gewerbes. Sie bildet einen breit gefächerten und heterogenen Sektor, in dem vor allem KMU tätig sind, wobei der Bedarf hauptsächlich von drei Formen des Endverbrauchs geprägt wird: Bekleidung, Heimtextilien und industrielle Verwendung.

Italien ist der mit Abstand größte Textilproduzent Europas, gefolgt von Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Frankreich und Spanien (in dieser Reihenfolge), die zusammen genommen mehr als 80 % der EU-Produktion erbringen. Die wichtigsten europäischen Teppichhersteller sind Belgien, Frankreich, Deutschland und das Vereinigte Königreich.

Im Jahr 2000 entfielen auf die europäische Textil- und Bekleidungsindustrie 3,4 % aller EU-Umsätze im verarbeitenden Gewerbe, 3,8 % der Wertschöpfung und 6,9 % der Arbeitsplätze in der Industrie.

Die Textilindustrie umfasst eine große Zahl von Teilsektoren, die den gesamten Fertigungszyklus von der Rohstoffherzeugung (Chemiefasern) über Halbfertigprodukte (Garne, Web- und Wirkwaren einschließlich zugehöriger Ausrüstungsprozesse) bis hin zu den Endprodukten (Teppiche, Heimtextilien, Bekleidung und Industrietextilien) einschließen. Da sich das Dokument auf diejenigen Aktivitäten beschränkt, bei denen Nassbehandlungen zum Einsatz kommen, stellen folgende Bereiche die drei wichtigsten Teilsektoren dar: die Wollwäscherei, die Textilveredlung (außer Fußbodenbeläge) und der Teppichsektor.

ANGEWANDTE PROZESSE UND TECHNIKEN

Die textile Kette beginnt mit der Herstellung oder Ernte der Rohfaser. Die so genannten Veredlungsverfahren (d. h. Vorbehandlung, Färben, Bedrucken, Ausrüstung und Beschichten einschließlich Waschen und Trocknen) stellen in diesem BVT-Referenzdokument die wichtigsten angewandten Prozesse und Techniken dar. Auf die vorgeschalteten Prozesse wie die Chemiefaserherstellung, das Spinnen, Weben, Wirken usw. wird in dem Dokument ebenfalls kurz eingegangen, da sie einen erheblichen Einfluss auf die Umweltauswirkungen der nachfolgenden Nassbehandlungsverfahren haben können. Die Veredlungsverfahren können auf unterschiedlichen Stufen des Fertigungsprozesses stattfinden (bei Geweben, Garnen, Flockmaterial usw.), wobei die Reihenfolge der Behandlung sehr variabel ist und von den Bedürfnissen des Endverbrauchers abhängt.

Zunächst werden die Veredlungsverfahren als einheitliche Prozesse beschrieben, ohne auf die mögliche Verfahrensabfolge einzugehen, in denen sie zur Anwendung kommen können. In Kapitel 2 werden dann einige

typische Betriebsarten für die Wollwäsche, die Textilveredlung und für den Teppichsektor dargestellt, und die Prozessabfolge wird kurz beschrieben.

UMWELTPROBLEME SOWIE VERBRAUCHS- UND EMISSIONSWERTE

Das größte Umweltproblem in der Textilindustrie betrifft die Menge der Abwässer und deren chemische Belastung. Weitere wichtige Themen sind der Energieverbrauch, die Abgasemissionen, die festen Abfälle und die Geruchsemissionen, die bei bestimmten Behandlungen eine erhebliche Belästigung darstellen können.

Abgasemissionen werden in der Regel am Ort ihrer Entstehung erfasst. Da sie in verschiedenen Ländern seit langem überwacht werden, ist die Datenlage hinsichtlich spezieller Prozesse seit jeher gut. Anders verhält es sich mit den Abwasseremissionen. Die Teilströme aus verschiedenen Prozessen werden miteinander zu einem Gesamtabwasser vermischt, dessen besondere Merkmale sich aus einer komplexen Kombination von Faktoren, wie Art und Aufmachung der verarbeiteten Fasern, eingesetzte Techniken und Art der benutzten Chemikalien und Hilfsmittel ergeben.

Da über die Abwassereinträge bei speziellen Prozessen nur sehr wenige Daten verfügbar sind, hat sich die Methode bewährt, die Textilbetriebe eng begrenzten Betriebsarten zuzuordnen und die Gesamtmassenströme zwischen Betrieben derselben Art zu vergleichen. Dieser Ansatz ermöglicht eine erste Grobbewertung, bei der mit Hilfe von Vergleichen der spezifischen Verbrauchs- und Emissionswerte von gleichen Betriebsarten die vorliegenden Daten verifiziert und erkennbare Unterschiede zwischen den verschiedenen Aktivitäten bestimmt werden können. Daher wird in dem BVT-Referenzdokument die Input-Output-Situation für eine Reihe typischer Betriebsarten untersucht. Zunächst wird ein Überblick über die Gesamtmassenströme gegeben, am Schluss steht eine ausführlichere Analyse einzelner Prozesse, sofern entsprechende Daten vorliegen. Die wichtigsten Erkenntnisse zu einigen Prozessen, an denen ein besonderes Interesse besteht, können dieser Zusammenfassung entnommen werden.

Bei der Wollwäsche mit Wasser fallen Abwässer an, die stark mit organischen Inhaltsstoffen (2 bis 15 l/kg Rohwolle bei ungefähr 150 - 500 g CSB/kg Wolle) und mit unterschiedlichen Mengen an Spurenschadstoffen belastet sind, die von Pestiziden stammen, mit denen die Schafe behandelt wurden. Zu den gängigsten Pestiziden gehören Organophosphate (OP), synthetische Pyrethroide (SP) und Insektenwachstumshemmer (IGR). In der Wolle aus bestimmten Erzeugerländern werden weiterhin chlororganische Pestizide festgestellt.

Als Folge von Aktivitäten der Textilindustrie rührt ein großer Teil der Gesamtemissionen von Substanzen her, die den Rohstoffen bereits anhaften, bevor sie die Veredlungsbetrieben erreichen (Verunreinigungen und Begleitstoffe in Naturfasern, Präparationen, Spinnenschmälzen, Schlichtemittel usw.). All diese Substanzen werden in der Regel während des Vorbehandlungsprozesses vor dem Färben und Ausrüsten von der Faser entfernt. Die Entfernung von Hilfsmitteln wie Spinnvavagen und Stricköle oder Präparationen durch die wässrige Behandlung führt zu Abwasser, das nicht nur biologisch schwer abbaubare organische Substanzen wie Mineralöle, sondern auch gefährliche Verbindungen wie polyaromatische Kohlenwasserstoffe, Alkylphenolethoxylate (APEO) und Biozide enthalten kann. Die typische CSB-Fracht liegt bei ungefähr 40 - 80 g/kg Fasern. Wird das Substrat vor dem Waschen einem Trockenprozess (Thermofixierung) unterzogen, werden auf dem textilen Substrat vorhandene Hilfsmittel auf dem Luftweg freigesetzt (Emissionsfaktoren von 10 - 16 g C/kg sind typisch für Verbindungen auf Mineralölbasis).

Das Waschwasser aus der Entschlichtung von Baumwolle und Baumwollmischgeweben kann 70 % der CSB-Gesamtfracht des Mischabwassers enthalten. Der Emissionsfaktor kann ohne weiteres bei etwa 95 g CSB/kg Ware liegen, wobei die CSB-Konzentrationen im Teilstrom häufig 20 000 mg CSB/l übersteigen.

Die Natriumhypochloritbleiche zieht Folgereaktionen nach sich, bei denen organische Halogenverbindungen entstehen, die gemeinhin als AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen) gemessen werden (der Großteil der dabei entstehenden Verbindungen entfällt auf Trichlormethan). Bei kombinierter Anwendung von Hypochlorit (1. Schritt) und Wasserstoffperoxid (2. Schritt) wurden in dem ausgezogenen NaClO-Bleichbad AOX-Werte von 90 - 100 mg Cl/l festgestellt. Das verbrauchte H₂O₂-Bleichbad kann aufgrund von Substratverschleppungen vom vorangegangenen Bad noch immer bis zu 6 mg Cl/l enthalten.

Verglichen mit Natriumhypochlorit sind die AOX-Mengen, die bei der Chloritbleiche gebildet werden, wesentlich geringer. Jüngste Untersuchungen haben ergeben, dass die AOX-Bildung nicht durch das Natriumchlorit selbst verursacht wird, sondern vielmehr durch Chlor oder Hypochlorit, die als Verunreinigungen enthalten sind bzw. als aktive Substanzen eingesetzt werden. Beim Umgang mit Natriumchlorit und dessen Lagerung ist aufgrund seiner Toxizität sowie der Korrosions- und Explosionsgefahr besondere Vorsicht geboten.

Bei der Wasserstoffperoxidbleiche gibt der Einsatz harter, refraktärer Komplexbildner (Stabilisatoren) Anlass zu Umweltbedenken.

Stark alkalisches Abwasser (40 - 50 g NaOH/l) entsteht, wenn das nach der Merцерisierung anfallende Spülwasser nicht zurückgewonnen oder wiederverwendet wird.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen (Beispiele: Thermosolverfahren, Pigmentfärbung usw.), handelt es sich bei den meisten Emissionen, die beim Färbeprozess anfallen, um Abwasseremissionen. Die verunreinigenden Substanzen können zum einen aus den Färbemitteln selbst stammen (z. B. aquatische Toxizität, Metalle, Farbe), zum anderen aus Hilfsmitteln der verschiedenen Farbmittelformulierungen (Dispergiermittel, Entschäumer usw.), Grundchemikalien und Hilfsmitteln, die bei Färbeprozessen zur Anwendung kommen (Alkali, Salze, Reduktions- und Oxidationsmittel usw.) sowie aus vorhandenen Rückständen auf der Faser (z. B. Pestizidrückstände in der Wolle, Spinnpräparationen bei Chemiefasern). Die Verbrauchs- und Emissionswerte hängen in hohem Maße von der Faserart, der Aufmachung, der Färbetechnik und dem eingesetzten Maschinenpark ab.

Beim diskontinuierlichen Färben treten im Färbeablauf sehr unterschiedliche Konzentrationswerte auf. Im Allgemeinen sind in verbrauchten Färbebädern die höchsten Konzentrationen festzustellen (CSB-Werte von deutlich mehr als 5000 mg/l sind allgemein üblich). Besonders hoch ist der Anteil von Färbereihilfsmitteln (z. B. Dispersions- und Egalisiermittel) an der CSB-Fracht beim Färben mit Küpen- oder Dispersionsfarbstoffen. Vorgänge wie das Seifen, die reduktive Nachbehandlung oder das Weichmachen sind ebenfalls mit hohen CSB-Werten verbunden. Die Spülbäder weisen Konzentrationen auf, die bei einem Zehntel bis einem Hundertstel der Konzentration der verbrauchten Färbebäder liegen, und der Wasserverbrauch ist zwei- bis fünfmal höher als beim eigentlichen Färbeprozess.

Bei der kontinuierlichen und semikontinuierlichen Färberei ist der Wasserverbrauch geringer als bei diskontinuierlichen Färbeprozessen, doch können die Einträge hoch konzentrierter Restfarbklotzflotten bei der Verarbeitung kleiner Partien eine höhere Abwasserbelastung verursachen (der CSB aus den Farbstoffen kann bei ungefähr 2 - 200 g/l liegen). Am häufigsten wird immer noch das Klotz- (Foulard-)verfahren eingesetzt. Die Flottenmenge im Foulard kann bei moderneren Anlagen von 10 bis 15 Litern und bis hin zu 100 Litern bei herkömmlichen Foulards betragen. Die Restmenge im Foulardtrog kann zwischen einigen wenigen Litern (unter optimierten Kontrollbedingungen) bis hin zu 150 - 200 l schwanken. Die Restflottengesamtmenge steigt mit der Anzahl der täglich anfallenden Flottenansatzwechsel.

Zu den typischen Emissionsquellen beim Bedrucken gehören Restdruckpasten, die Abwässer der Wasch- und Reinigungsschritte und flüchtige organische Verbindungen aus der Trocknung und Fixierung. Insbesondere beim Rotationsfilmdruck treten Farbpastenverluste auf, die sich im Rahmen von 6,5 bis 8,5 kg pro Farbauftrag auf das Textil bewegen. Bei kleinen Druckaufträgen (z.B. weniger als 250 m) kann der Druckpastenverlust sogar höher sein als die eigentliche, auf das Textilsubstrat aufgebrachte Druckpastenmenge.

Der Wasserverbrauch für die Reinigung der Anlagen nach Abschluss jeder Druckpartie beläuft sich auf ungefähr 500 l (ohne das Wasser für die Reinigung der Druckdecke). Die Druckpasten enthalten Stoffe mit einem hohen Abgasemissionspotenzial (Ammoniak, Formaldehyd, Methanol und andere Alkohole, Ester, aliphatische Kohlenwasserstoffe und Monomere wie Acrylate, Vinylacetat, Styrol, Acrylnitril usw.).

Da bei den meisten kontinuierlichen Ausrüstungsprozessen im Anschluss an die Appretur keine Waschvorgänge erforderlich sind, beschränken sich die Wasseremissionen auf die Systemverluste und das Wasser zur Reinigung der Anlagen. Die Restflottenmenge beträgt ungefähr 0,5 bis 35 % der gesamten angesetzten Ausrüstungsflotte (der niedrigere Wert gilt für integrierte Betriebe, während höhere Werte für Textilbetriebe charakteristisch sind, die kleine Partien und unterschiedliche Arten von Substraten verarbeiten). Allzu oft werden diese Flotten mit anderen Abwässern vermischt und zusammen abgeleitet. Die CSB-Konzentration kann durchaus 13000 bis

20000 mg/l betragen. Oft sind die Inhaltsstoffe von Ausrüstungsrezepturen weder biologisch abbaubar noch biologisch eliminierbar und gelegentlich sogar toxisch (z.B. Biozide). Bei Trocknungs- und Ausrüstungsprozessen treten Abgasemissionen aufgrund der thermischen Flüchtigkeit der in den Rezepturen eingesetzten Textilhilfsmittel und der Verschleppung aus vorgeschalteten Prozessen auf (etwa wenn Textilien zuvor mit chlorierten Carriern oder Perchlorethylen behandelt wurden).

Die Waschprozesse tragen zum Verbrauch von Energie und Wasser bei. Die Schmutzfracht des Waschwassers ist abhängig von den in das Wasser abgegebenen Schadstoffen (z. B. aus dem Gewebe entfernte Verunreinigungen, Chemikalien aus vorangegangenen Prozessen, Detergenzien und andere während des Waschens eingesetzte Hilfsmittel). Beim Einsatz von halogenierten organischen Lösungsmitteln (persistente Stoffe) bei der chemischen Reinigung können diffuse Emissionen entstehen, die das Grundwasser und die Böden belasten und sich darüber hinaus nachteilig auf die Abgasemissionen von nachgeschalteten Hochtemperaturprozessen auswirken können.

BEI DER FESTLEGUNG DER BVT ZU BERÜCKSICHTIGENDE TECHNIKEN

Gute allgemeine Managementpraktiken

Gute allgemeine Managementpraktiken reichen von der Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten bis hin zur Festlegung gut dokumentierter Verfahrensweisen für die Wartung von Anlagen, die Lagerung von Chemikalien, sowie deren Handhabung, Dosierung und Zubereitung. Eine bessere Kenntnis der Input- und Outputmassenströme des Prozesses ist ebenfalls notwendiger Bestandteil eines guten Managements. Dies umfasst die Inputströme an textilem Rohmaterial, der Chemikalien, der Wärme, der Energie und des Wassers sowie die Outputströme an Produkten, Abwasser, Abgasemissionen, Schlamm, festen Abfällen und Nebenprodukten. Die Überwachung der prozesseigenen Input- und Output-Massenströme bildet den Ausgangspunkt, um Möglichkeiten und Prioritäten zur Verbesserung des Umweltverhaltens und der Wirtschaftlichkeit zu identifizieren.

Zu den Maßnahmen zur Optimierung der Qualität und der Mengen der eingesetzten Chemikalien zählen regelmäßige Überprüfungen und Beurteilungen der Rezepturen, eine optimale Fertigungsablaufplanung, der Einsatz qualitativ hochwertigen Wassers bei Nassbehandlung usw.. Systeme zur automatischen Überwachung von Prozessparametern (wie etwa Temperatur, Flottenfüllstand oder Chemikalienzufuhr) ermöglichen eine striktere Prozesskontrolle im Interesse besserer Right-First-Time-Ergebnisse mit minimalen Überschüssen an eingesetzten Chemikalien und Hilfsmitteln.

Die Optimierung des Wasserverbrauchs im Textilbereich beginnt mit der Kontrolle des Wasserverbrauchs. Der nächste Schritt ist dann eine Senkung des Wasserverbrauchs durch mehrere sich häufig gegenseitig ergänzende Maßnahmen. Hierzu zählen verbesserte Arbeitspraktiken, die Senkung des Flottenverhältnisses bei diskontinuierlicher Behandlung, die Erhöhung der Wascheffizienz, die Kombination von Prozessen (z. B. Waschen und Entschlichten) und die Wiederverwendung/Wiederaufbereitung von Wasser. Die meisten dieser Maßnahmen ermöglichen erhebliche Einsparungen nicht nur beim Wasser-, sondern auch beim Energieverbrauch, da zur Erhitzung der Veredlungsflotten sehr viel Energie eingesetzt wird. Andere Verfahren sind speziell ausgerichtet auf die Optimierung des Energieverbrauchs (etwa durch wärmeisolierte Rohre, Ventile, Behälter und Maschinen, eine Trennung der heißen und kalten Abwasserströme und die Rückgewinnung von Wärmeenergie aus dem Heißwasser).

Qualitätsmanagement beim Fasereingang

Das Beschaffen von Informationen über die eingesetzten textilen Rohmaterialien ist der erste Schritt, um von vorgeschalteten Prozessen eingeschleppte Verschmutzungen in Angriff zu nehmen. Die Angaben des Lieferanten sollten sich nicht nur auf die technischen Merkmale der Textilien beziehen, sondern auch auf Art und Menge der eingesetzten Präparationen und Schlichtemittel, Monomerrückstände, Metalle oder Biozide (z. B. Ektoparasitiziden bei Wolle), die sich auf den Fasern befinden. Es gibt verschiedene Verfahren, mit denen der Eintrag von Umweltschadstoffen aus vorgeschalteten Prozessen deutlich reduziert werden kann.

Was die Pestizidrückstände in Rohwollfasern betrifft, so geben mehrere Organisationen Auskunft über den Pestizidgehalt von fettiger und gewaschener Wolle. Die Produzenten können diese Informationen nutzen, um bereits an der Quelle den Einsatz von gesetzlich zulässigen Pestiziden wie OP- und SP-Ektoparasitiziden möglichst gering zu halten und die Verarbeitung von Wolle zu vermeiden, die mit sehr gefährlichen chemischen

Stoffen wie Organochlorpestiziden kontaminiert ist, es sei denn es liegt ein Prüfzertifikat vor. Liegen keine Angaben vor, sollten Stichproben entnommen werden, um den Pestizidgehalt zu bestimmen, was jedoch für den Hersteller höhere Kosten mit sich bringt. Derzeit haben Kooperationsprogramme zwischen den Wirtschaftsverbänden und den führenden Erzeugerländern zusammen mit der Entwicklung von Systemen zur Zertifizierung von niedrigen Rückständen einen immer stärkeren Rückgang der durchschnittlichen OP- und SP-Rückstände in Wolle zum Ergebnis.

Verbesserungen sind auch bei den Hilfsmitteln wie den Präparationen, Spinnavivagen und Strickölen möglich. Für die meisten Anwendungen stehen heute Mineralölersatzstoffe zur Verfügung. Die Ersatzstoffe haben eine hohe biologische Abbaubarkeit oder lassen sich zumindest biologisch eliminieren; sie sind auch weniger flüchtig und thermisch stabiler als Mineralöle. Das trägt zur Verringerung der Geruchsbelästigung und jener Abgasemissionen bei, die bei Hochtemperaturbehandlungen wie etwa der Thermofixierung entstehen können.

Der kombinierte Einsatz von Minimalauftragsverfahren wie der Vornetzung des Kettgarne oder das Kompaktspinnen mit einer gezielten Auswahl der Schlichtemittel trägt dazu bei, die Umweltauswirkungen des Entschlichtungsverfahrens zu reduzieren. Es ist heute allgemein anerkannt, dass biologisch gut abbaubare oder eliminierbare Einsatzstoffe zur Verfügung stehen, die alle Erfordernisse abdecken. Darüber hinaus lassen sich Polyacrylate der neuesten Generation sehr effizient mit Minimalauftragsverfahren einsetzen und sind einfach und vollständig aus dem Gewebe zu entfernen.

Vollstufige Betriebe verfügen im Allgemeinen über Mittel und Wege, um die Herkunft ihres Rohmaterials und der Chemikalien, mit denen das Fasermaterial behandelt wurde, zu kontrollieren. Nicht vollstufigen Unternehmen (insbesondere Lohnveredler) fällt es schon schwerer, auf die vorgeschalteten Lieferanten Einfluss zu nehmen. Herkömmliche Formulierungen (Produkte) sind in der Regel preisgünstiger. Den Rohwarenlieferanten (z. B. Spinnereien oder Maschenwarenherstellern) betrachten vorrangig die wirtschaftlichen Aspekte und die Leistungseigenschaften der gegebenen Substanz in ihrem eigenen Fertigungsprozess, nicht hingegen die Umweltprobleme, die in nachgeschalteten Prozessen (im Veredlungsbetrieb) auftreten. In solchen Fällen ist es erforderlich, mit den Kunden zusammenzuarbeiten, um derartige Einsatzstoffe innerhalb der Zulieferkette zu eliminieren.

Auswahl und Austausch der eingesetzten Chemikalien

Von der technischen Arbeitsgruppe (TWG) wurden mehrere Systeme für die ökotoxikologische Bewertung und Einstufung von Chemikalien vorgeschlagen, die bei der Festlegung von BVT berücksichtigt werden sollten. In Anlehnung an dieses Instrumentarium ist der Ersatz schädlicher Substanzen oft eine gängige Option zur Verringerung der Umweltauswirkungen eines Prozesses.

Oberflächenaktive Stoffe werden in der Textilindustrie für viele verschiedene Zwecke eingesetzt (Detergenzien, Avivagen usw.). Einige oberflächenaktive Stoffe gelten wegen ihrer geringen biologischen Abbaubarkeit und ihrer toxischen Wirkung auf aquatische Spezies als problematisch. Besonderes Augenmerk gilt derzeit den Alkylphenolethoxylaten (APEO), insbesondere den Nonylphenolethoxylaten (NPE). Die wichtigste Alternative zu den APEOs sind Fettalkoholethoxylate, neben denen aber auch oftmals noch andere Ersatzstoffe verfügbar sind, die in der Abwasserbehandlungsanlage biologisch leicht abgebaut oder eliminiert werden können und keine giftigen Metaboliten bilden.

Der Einsatz von Komplexbildnern lässt sich häufig vermeiden. Wenn er jedoch unvermeidbar ist, bieten sich als Alternative zu den konventionellen Sequestriermitteln Verbindungen an, die biologisch leicht abbaubar oder zumindest biologisch eliminierbar sind und in ihrer Molekülstruktur kein Stickstoff oder Phosphor enthalten (z. B. Polycarbonate, Polyacrylate, Gluconate, Citrate und einige Zucker-Acrylsäure-Copolymere). Die Kosten sind vergleichbar, allerdings könnten in manchen Fällen größere Einsatzmengen erforderlich sein.

Entschäumungsmittel sind häufig auf Mineralölbasis hergestellt. Typische aktive Bestandteile in mineralölfreien Produkten sind Silicone, Phosphorsäureester, hochmolekulare Alkohole, Fluorderivate und Gemische aus diesen Bestandteilen. Silicone in Abwässern sind nur mit Hilfe abiotischer Prozesse abbaubar, und bei Überschreiten bestimmter Konzentrationen behindern sie den Transfer/die Diffusion von Sauerstoff in den Belebtschlamm. Tributylphosphate sind geruchsintensiv und führen zu starken Reizungen. Hochmolekulare Alkohole sind ebenfalls geruchsintensiv und können nicht in heißen Flotten angewendet werden.

Wollwäsche

Die Einführung von Kreisläufen zur Schmutzabscheidung und Fettrückgewinnung ermöglicht Wasser- und Energieeinsparungen (ein spezifischer Nettowasserverbrauch von 2 - 4 l/kg fettige Wolle hat sich sowohl bei grober als auch feiner Wolle als erreichbar erwiesen). Zusätzlich fällt ein wertvolles Nebenprodukt an (25 bis 30 % des Fetts, das in der zu waschenden Wolle schätzungsweise enthalten ist), einhergehend mit einer deutlichen Senkung der organischen Belastung der Abwasserbehandlungsanlage. Wird der Kreislauf zur Schmutzabscheidung und Fettrückgewinnung mit der Abwasserverdampfung und Schlammverbrennung bei vollständiger Wiederaufbereitung von Wasser und Energie kombiniert, ergeben sich zusätzliche Umweltvorteile, wie ein geringerer Wasserverbrauch und geringere Mengen an zu entsorgenden festen Abfällen. Dabei handelt es sich jedoch um eine komplexe Technologie, die dem Vernehmen nach einen sehr hohen Kapitalaufwand erfordert und hohe Betriebskosten verursacht.

Bei der Wollwäsche mit organischen Lösungsmitteln wird im eigentlichen Reinigungsprozess kein Wasser verwendet. Die einzige Quelle für Wasseremissionen ist die mit der Wolle eingebrachte Feuchtigkeit, der in den Vakuumpumpen genutzte Dampf und die aus der angesaugten Luft rückgewonnene Feuchtigkeit. Dieses Wasser ist mit Perchlorethylen (PER) kontaminiert. Um das Risiko diffuser Emissionen zu vermeiden, wird der Wasserstrom in zwei Schritten behandelt, wobei im ersten Schritt das Lösungsmittel durch Luftstrippen abgetrennt und im zweiten Schritt der Lösungsmittelrückstand abgebaut wird. Da Pestizide vom Lösemittel weitestgehend von der Wolle abgetrennt und mit dem Wollfett entfernt werden, gilt die gereinigte Wolle als pestizidfrei. Das hat günstige Auswirkungen auf die nachgelagerten Prozesse, in denen die Wollveredlung erfolgt. Ein weiterer positiver Effekt dieses Verfahrens liegt in dem niedrigeren Energieverbrauch aufgrund der im Vergleich zu Wasser niedrigen Verdampfungswärme organischer Lösungsmittel.

Vorbehandlung

Wasserlösliche synthetische Schlichtemittel wie Polyvinylalkohol (PVA), Polyacrylate und Carboxymethylcellulose (CMC) lassen sich durch Ultrafiltration (UF) aus der Waschflotte entfernen und im Prozess wieder verwenden. Vor kurzem hat sich bestätigt, dass modifizierte Stärken wie Carboxymethylstärke ebenfalls recycelt werden können. Die Wiederverwendung in der Weberei gestaltet sich jedoch nicht immer problemlos. Die Bereitschaft der Weber zur Wiederverwendung rückgewonnener Schlichten hält sich derzeit noch in Grenzen. Darüber hinaus machen Transporte über weite Strecken alle ökologischen Vorteile zunichte, da die Flotte unter definierten Bedingungen in entsprechend isolierten Tankfahrzeugen befördert werden muss. Deswegen werden Schlichtemittel in der Regel nur in vollstufigen (integrierten) Betrieben rückgewonnen, in denen sich die Weberei und die Veredlung am gleichen Standort befinden.

Für nicht-integrierte (einstufige) Betriebe, die viele unterschiedliche Gewebe verarbeiten und denen eine unmittelbare Kontrolle der Rohwarenquellen schwerer fällt, bietet sich das Oxidationsverfahren als gangbarer Weg an. Unter bestimmten Bedingungen (z. B. bei einem pH-Wert über 13) bildet H_2O_2 freie Radikale, die sämtliche Schlichten wirksam und gleichmäßig abbauen und aus dem Gewebe entfernen. Bei diesem Prozess entstehen kürzere und weniger verzweigte voroxidierte Moleküle, die sich leichter (mit weniger Wasser) auswaschen und sich darüber hinaus in der Abwasserbehandlungsanlage leichter abbauen lassen. Um Wasser, Energie und Chemikalien einzusparen, ist es wünschenswert, die alkalische Peroxidbleiche mit der Wäsche zu verbinden und im Gegenstrom Alkali- und Peroxid über verschiedene Vorbehandlungsstufen zu regulieren.

Wasserstoffperoxid, das anstelle von Natriumhypochlorit eingesetzt wird, gilt heute als bevorzugtes Bleichmittel für Baumwolle und Baumwollmischungen, obwohl behauptet wird, dass Natriumhypochlorit zum Erreichen eines hohen Weißgrades sowie für empfindliche Gewebe, die durch die Depolymerisation beeinträchtigt würden, weiterhin notwendig sei. In solchen Fällen kann ein zweistufiges Verfahren zur Senkung der AOX-Emissionen zum Einsatz kommen, bei dem zunächst eine Behandlung mit Wasserstoffperoxid und erst dann mit Natriumhypochlorit erfolgt (hierbei werden in der ersten Stufe die Verunreinigungen des Fasermaterials entfernt, die als Vorläufer der Haloformreaktion fungieren). Ein zweistufiger Bleichprozess, bei dem ausschließlich Wasserstoffperoxid zum Einsatz kommt und auf Hypochlorit vollständig verzichtet wird, ist heute ebenfalls möglich. Diese Alternative soll jedoch zwei- bis sechsmal teurer sein.

Steigende Anwendung findet auch die Peroxidbleiche unter stark alkalischen Bedingungen, bei der nach sorgfältiger Entfernung der Katalysatoren mittels eines Reduktions-/ Extraktionsverfahrens ein hoher Weißgrad erreicht werden kann. Als zusätzlicher Vorteil wird hier die mögliche Kombination des Wasch- und des Bleichvorgangs genannt. Die Reduktion/Extraktion, gefolgt von einer stark oxidativen kombinierten Bleich-

/Waschstufe, lässt sich beim Bleichen stark kontaminierter Textilien aller Aufmachungsformen bei sämtlichen Maschinentypen (diskontinuierlich oder kontinuierlich) anwenden.

Chlordioxid (aus Natriumchlorit oder -chlorat) ist ein hervorragendes Bleichmittel für Synthefasern sowie für Flachs, Leinen und andere Bastfasern, die sich mit Peroxid allein nicht bleichen lassen. Neuentwickelte Technologien (mit Wasserstoffperoxid als Reduktionsmittel des Natriumchlorats) sind mittlerweile verfügbar, mit denen ohne AOX-Bildung ClO_2 hergestellt wird (elementarchlorfreie Bleiche, ECF).

Das nach der Merцерisierung anfallende Spülwasser (die so genannte „Schwachlauge“) kann durch Eindampfung und Konzentration der Lauge prozessintern wiederverwendet werden.

Färben

Auf die allgemein bekannten PES-Färbebeschleuniger (Carrier) kann verzichtet werden (außer bei Mischungen aus PES/WO und Elasthan/WO), wenn das Färben unter Hochtemperaturbedingungen erfolgt. Eine weitere viel versprechende Alternative bietet der Einsatz von PES-Fasern wie Polytrimethylenterephthalat (PTT)-Polyesterfasern, die ohne Verwendung von Färbebeschleunigern gefärbt werden können. Wegen der Unterschiede in den physikalischen und mechanischen Eigenschaften decken diese Fasern jedoch nicht exakt das gleiche Produktsegment ab und können nicht als „Substitute“ für auf PET-basierte Polyesterfasern gelten. Wenn sich der Einsatz von Färbebeschleunigern nicht vermeiden lässt, können herkömmliche aktive Substanzen - auf Basis von aromatischen Chlorverbindungen, o-Phenylphenol, Biphenyl und anderen aromatischen Kohlenwasserstoffen - durch weniger schädliche Verbindungen wie Benzylbenzoate und N-Alkylphthalimide ersetzt werden.

Um den Einsatz von Natriumhydrosulfit bei der PES-Nachbehandlung zu vermeiden, werden zwei verschiedene Ansätze vorgeschlagen: die Verwendung von Reduktionsmitteln auf Basis bestimmter kurzkettiger Sulfinsäurederivate bzw. die Verwendung von Dispersionsfarbstoffen, die, anstelle der Reduktion, mittels wässriger Löslichkeit im alkalischen Milieu abgetragen werden können. Kurzkettige Sulfinsäurederivate sind biologisch abbaubar, nicht korrosiv, sehr schwach toxisch und können (im Gegensatz zu Natriumhydrosulfit) in saurem Milieu angewendet werden, ohne dass die Bäder wiederholt gewechselt werden müssen und die pH-Werte sich verändern (Wasser- und Energieeinsparung). Mit alkalisch entfärbaren Farbstoffen kann der Einsatz von Hydrosulfit und anderen Reduktionsmitteln vollständig vermieden werden.

Die Dispergiermittel, die im Allgemeinen in Formulierungen für Dispersions-, Küpen- und Schwefelfarbstoffe enthalten sind, wurden verbessert durch: 1) ihren teilweisen Austausch durch optimierte Produkte auf Basis von Fettsäureestern oder 2) der Verwendung von Mischungen aus modifizierten aromatischen Sulfonsäuren. Variante 1 lässt sich nur mit Flüssigformulierungen bei Dispersionsfarbstoffen anwenden (die Farbstoffpalette ist derzeit begrenzt). Diese Dispergiermittel sind biologisch eliminierbar, und ihre Menge lässt sich in den Formulierungen, gemessen an den herkömmlichen Rezepturen, stark verringern. Die bei Variante 2 genannten Dispergiermittel zeigen einen höheren Grad an biologischer Abbaubarkeit als die herkömmlichen formaldehydhaltigen Kondensationsprodukte von Naphthalin-sulfonsäuren. Sie können sowohl bei Dispersionsfarbstoffen als auch bei Küpenfarbstoffen eingesetzt werden (Fest- und Flüssigformulierungen).

Vorreduzierte Schwefelfarbstoffe (Flüssigformulierungen mit einem Sulfidgehalt $<1\%$) und nicht vorreduzierte sulfidfreie Farbstoffe liegen in verschiedenen Formen vor (wasserlöslich in der oxidierten Form, als Pulver, flüssig oder in stabilen Suspensionen). All diese Farbstoffe können völlig ohne Natriumsulfid allein durch den Einsatz von Glucose (außer in einem Fall) oder in Kombination mit Natriumdithionit, Hydroxyaceton oder Formamidinsulfinsäure reduziert werden. Stabilisierte, nicht vorreduzierte sulfidfreie Farbstoffe sollen teurer sein als die anderen Typen von Schwefelfarbstoffen.

Die unzureichende Farbfixierung beim Reaktivfärben galt lange Zeit als Problem. Dies traf insbesondere auf das diskontinuierliche Färben von Cellulosefasern zu, wo normalerweise zur Verbesserung des Farbstoffauszuges erhebliche Mengen an Salz zugesetzt werden. Mit dem Einsatz ausgereifter molekulatechnischer Verfahren wurde die Entwicklung von bifunktionellen und „Low-Salt“-Reaktivfarbstoffen möglich, die selbst bei Cellulosefasern eine Fixierrate $>95\%$ erreichen können und zudem wesentlich bessere Ergebnisse (Reproduzierbarkeit und Egalität) erbringen als herkömmliche Reaktivfarbstoffe. Das Heißspülen vermeidet den Einsatz von Waschmitteln und Komplexbildnern im Spülwasser sowie Neutralisierungsschritte nach dem

Färbevorgang. Heißspülen anstelle von Kaltspülen führt zu höherem Energieverbrauch, wenn aus dem Spülabwasser keine Wärmeenergie rückgewonnen wird.

Der Einsatz von Natriumsilikat beim Färben von Cellulosegeweben im Klotz-Kalt-Verweilverfahren kann mittels silikatfreier, hoch konzentrierter wässriger Lösungen vermieden werden, wobei es sich hier um in modernen Dosiersystemen einfach einzusetzende Fertigprodukte handelt. Darüber hinaus wird ein alternatives Verfahren beschrieben, bei dem weder Stoffe wie Harnstoff, Natriumsilikat und Salz zugegeben werden müssen, aber noch lange Verweilzeiten zur Farbstofffixierung für die Farbstoffe erforderlich sind. Das Verfahren selbst ist einfach, außerordentlich vielseitig und lässt sich bei einer Vielzahl von Textilwaren anwenden, wobei die Größe der Partie keine Rolle spielt. Die höhere Produktivität, der geringere Chemikalien- und Energieverbrauch und die geringeren anfallenden Abwassermengen ermöglichen beachtliche Einsparungen. Dennoch eignet sich dieses Verfahren wegen seiner hohen Investitionen mehr für neue Anlagen und für solche Fälle, bei denen Anlagen ersetzt werden sollen.

Erst vor kurzem sind neue Reaktivfarbstoffe auf den Markt gekommen, die selbst bei dunklen Farbtönen sehr gute Farbestabilitäten ermöglichen und sogar mit den Echtheiten von Chromierungsfarbstoffen vergleichbar sind. Aus verschiedenen Gründen nimmt jedoch die Bedeutung dieser Reaktivfarbstoffe nur langsam zu, u.a. zählt hierzu die Abneigung der Veredler, gewohnte Betriebsweisen grundlegend zu verändern. Darüber hinaus meinen einige Veredler immer noch, dass Chromierungsfarbstoffe die einzigen seien, die das erforderliche Echtheitsniveau bei Überfärbungen garantieren können. Wenn Chromierungsfarbstoffe zum Einsatz kommen, können stöchiometrisch gesehen Niedrig-Chrom-Färbetechniken und Ultra-Niedrig-Chrom-Färbetechniken zur Minimierung der Restchromgehalte im Abwasser eingesetzt werden. Bei Ultra-Niedrig-Chrom-Färbetechniken wird ein Emissionsfaktor von 50 mg Chrom pro kg behandelter Wolle erreicht, was bei einem Flottenverhältnis von 1:10 einer Chromkonzentration von 5 mg/l im verbrauchten Chromierungsbad entspricht.

Im Allgemeinen ist es bei durch den pH-Wert regelbaren Farbstoffen (z. B. Säure- und basische Farbstoffe) am vorteilhaftesten, die Färbung innerhalb eines pH-Profiles bei konstanter Badtemperatur durchzuführen. Ein Vorteil gegenüber den temperaturgeregelten Verfahren besteht darin, dass bei minimalem Einsatz organischer Egalisierungsmittel eine größtmögliche Ausnutzung der Farbstoffe und Insektenschutzmittel erreicht werden kann. Beim Färben von Wolle mit Metallkomplexfarbstoffen lassen sich durch pH-Wert-Regelung und durch den Einsatz spezieller Hilfsmittel mit hoher Faser- und Farbstoffaffinität bessere Ausziehgrade und Fixieraten erzielen. Der höhere Ausziehgrad korreliert mit den geringeren Restchromgehalten im ausgezogenen Färbebad (10 - 20 mg/kg behandelter Wolle, was bei einem Flottenverhältnis von 1:10 im ausgezogenen Färbebad 1 - 2 mg/l Chrom entspricht). Das genannte Verfahren wurde für das Färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle entwickelt, doch können die gleichen Ergebnisse auch bei anderen Aufmachungen erreicht werden, wenn man pH-Wert-geregelte Methoden für den optimalen Auszug des Farbades einsetzt.

Im BVT-Referenzdokument werden verschiedene Verfahren beschrieben, die zum Ziel haben, das umweltrelevante Verhalten der diskontinuierlichen und kontinuierlichen Färbeprozesse im Allgemeinen zu verbessern. Unter den Herstellern von diskontinuierlichen Färbemaschinen zeichnet sich ein deutlicher Trend ab, das Flottenverhältnis der Bäder zu senken. Darüber hinaus besteht ein hervorstechendes Unterscheidungsmerkmal moderner Maschinen darin, dass sie auch dann bei einem annähernd gleichen Flottenverhältnis betrieben werden können, wenn sie deutlich unter ihrer Auslegungskapazität beschickt werden. Besonders vorteilhaft ist das für Lohnveredler, die im Regelfall auf eine hoch flexible Fertigung angewiesen sind. Außerdem wurden verschiedene für kontinuierliche Veredlungsverfahren charakteristische Funktionen auf diskontinuierliche Maschinen übertragen, die größtmögliche Zeitersparnis zwischen den verschiedenen Partien ermöglichen und dabei weitere Optionen für die Wiederverwendung des Farbades und eine bessere Behandlung der konzentrierten Abwasserteilströme eröffnen.

Bei den kontinuierlichen Färbeverfahren lässt sich eine Verringerung der Systemverluste erreichen, indem der Imprägnierungsschritt in einem Walzenspalt (Zwickel) erfolgt oder das Tauchbadvolumen minimiert wird (z. B. Flex-Trog, U-Trog). Zusätzliche Verbesserungen erzielt man durch Zubereiten der Farbstoffe und Hilfsmittel in separaten Ansätzen und Zudosierung der Klotzflotten in Abhängigkeit von der Messung der Flottenaufnahme. Die Menge der benötigten Färbeklotzflotte wird anhand der zu verarbeitenden Warenmenge berechnet. Die so ermittelten Werte werden automatisch umgesetzt und bei der Vorbereitung der nächsten vergleichbaren Partie zugrunde gelegt, um so die überschüssige Färbeklotzflottenmenge möglichst gering zu halten. Dieses System

kann jedoch nicht verhindern, dass im Vorlagebehälter Farbflottenreste anfallen. Die Rapid-Batch-Färbetechnik stellt eine weitere Verbesserung dar, da die gesamte Farbflottenmenge nicht vollständig (für die ganze Partie) vor Beginn der Färbepartie zubereitet wird, sondern auf der Grundlage der kontinuierlichen (on-line) Messung der Flottenaufnahme in mehreren Schritten, und zwar genau zu dem Zeitpunkt, an dem sie benötigt wird.

Drucken

Möglichst geringe Volumina des Druckpastenzuführungssystems (d. h. Durchmesser der Schläuche und Rakelgeräte) führen zu einer erheblichen Senkung der Druckpastenverluste beim Rotationsfilmdruck. Eine weitergehende Senkung lässt sich durch Verbesserungen der Pastenrückgewinnung aus dem Zuführungssystem selbst erreichen. Bei einem neueren Verfahren wird vor dem Beschicken des Systems ein Ball in die Rakelgeräte eingeführt. Am Ende der Druckpartie wird der Ball zurückgepresst, wodurch die Druckpaste im Zuführungssystem zur Wiederverwendung in den Ansatzbehälter zurückfließt. Heute bieten computergestützte Systeme weitere Möglichkeiten für ein Recyceln der Druckpasten. Druckpastenrückgewinnungs- und -recyclingsysteme werden in Textilveredlungsbetrieben eingesetzt (für flache Web- und Maschenware), jedoch nicht für Teppiche. Das liegt vor allem daran, dass das Guarkermehl (das gebräuchlichste Verdickungsmittel für Teppiche) begrenzt stabil ist (biologisch abbaubare Verbindung) und daher vor der Wiederverwendung nicht längere Zeit gelagert werden kann.

Die Druckschablonen, Eimer und Druckpastenzuführungssysteme müssen sorgfältig gereinigt werden, bevor sie für neue Druckpasten verwendet werden können. Es gibt mehrere kostengünstige Möglichkeiten, den Wasserverbrauch zu senken (An-/Aus-Regelung der Druckdeckenwäsche, Wiederverwendung des Druckdeckenwaschwassers usw.).

Eine Alternative zum herkömmlichen Druck bieten Digitaldruckverfahren, die im Textil- und Teppichsektor an Bedeutung gewinnen. Beim Digitaldruck werden die ausgewählten Farbstoffe anhand des berechneten Bedarfs dosiert. Dadurch werden Restdruckpasten am Ende eines jeden Druckvorgangs vermieden.

Der digitale Inkjet-Druck (Farbtintenstrahldruck) ist für Flachware geeignet. Die Produktionsgeschwindigkeiten sind jedoch zu niedrig, als dass dieses Verfahren an die Stelle des herkömmlichen Drucks treten könnte. Dennoch bietet der Inkjet-Druck bei kürzeren Metragen schon heute große Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Druck.

Für die neueste Verbesserung bei den Düsendruckmaschinen für Teppiche und Texturgewebe stehen derzeit Maschinen, mit denen die Farbe mit chirurgischer Präzision tief in die Warenoberfläche gespritzt wird, ohne dass Maschinenteile mit dem Substrat in Berührung kommen. Hier kann die Kontrolle der auf das Substrat aufgetragenen Flottenmenge (die beispielsweise bei leichter Ware anders sein kann als bei schweren Qualitäten) nicht nur durch Anpassung der „Injektionszeit“ („firing time“), sondern auch des Pumpendrucks erfolgen.

Der Harnstoffgehalt in der Reaktiv-Druckpaste kann bis zu 150 g je Kilogramm Paste betragen. Beim einstufigen Verfahren kann anstelle von Harnstoff kontrolliert Feuchtigkeit zugeführt werden - entweder mittels der Schaumtechnik oder durch Aufsprühen einer bestimmten Menge an Wassertropfen. Bei Seiden- und Viskoseartikeln ist es jedoch nicht möglich den Harnstoffeintrag durch ein Sprühsystem zu ersetzen. Das Verfahren ist nicht zuverlässig genug, um eine gleichmäßige Dosierung des niedrigen Feuchteauftrags für diese Fasern zu gewährleisten.

Das Schaumauftragsverfahren hat sich dagegen bei Viskose zur vollständigen Eliminierung von Harnstoff bewährt. Dieses Verfahren dürfte aus technischer Sicht grundsätzlich auch bei Seide anwendbar sein, wofür der Nachweis jedoch noch aussteht. Seide gilt als eine weniger problematische Faser als Viskose, doch wird sie im Allgemeinen in kleineren Metragen verarbeitet. Ohne Einsatz des Schaumauftragsverfahrens kann der Harnstoffverbrauch bei Seide auf ungefähr 50 g/kg Druckpaste und bei Viskose auf 80 g/kg gesenkt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Verwendung von Harnstoff zu vermeiden, ist der Zwei-Phasendruck, der allerdings komplexer und langsamer ist.

Auch wenn in Europa offenbar keine Wasser-in-Öl-Verdickungsmittel mehr eingesetzt werden und Halbemulsions-Druckpasten (Öl in Wasser) nur noch gelegentlich zum Einsatz kommen, werden im Abgas noch immer Kohlenwasserstoffe (vor allem aliphatische) festgestellt, die hauptsächlich aus den Mineralölen

stammen, welche in den synthetischen Verdickungsmitteln enthalten sind. Ihr Emissionspotenzial kann bis zu 10 g org.-C/kg Textil betragen. Die Verdickungsmittel der neuen Generation enthalten, wenn überhaupt, nur minimale Mengen an flüchtigen organischen Lösungsmitteln. Darüber hinaus sind die optimierten Druckpasten APEO-frei, weisen einen niedrigen Ammoniakgehalt auf und enthalten formaldehydfreie Binder.

Ausrüstung

Zunehmende Bedeutung für die Verringerung der Flottenaufnahme erlangen die so genannten Minimalauftragstechniken (z. B. Pflatschwalzen-, Sprüh- und Schaumauftragssysteme) als Ersatz für die Klotzsysteme.

Darüber hinaus stehen verschiedene Verfahren zur Senkung des Energieverbrauchs in Spanrahmen zur Verfügung (z. B. mechanische Entwässerungsvorrichtungen zur Reduzierung des Wassergehalts der zugeführten Ware, Optimierung des Abgasstromes des thermischen Behandlungsaggregates und Einbau von Wärmerückgewinnungssystemen).

Für jeden Ausrüstungsprozess gibt es Verfahren zur Verringerung der Umweltbelastungen, die beim Einsatz bestimmter Stoffe auftreten. Das BVT-Referenzdokument konzentriert sich auf nur einige wenige Ausrüstungsprozesse. Die Emissionen an Formaldehyd (Verdacht auf krebserzeugende Wirkung) bei der Pflegeleicht-Ausrüstung lassen sich durch Produkte mit niedrigem Formaldehydgehalt oder formaldehydfreie Produkte erheblich senken (<75 ppm oder sogar unter 30 ppm bei entsprechenden Verbraucherforderungen).

Zu den allgemein üblichen Verfahren zur Senkung der von Mottenschutzmitteln ausgehenden Emissionen gehören Verfahren zum Umgang mit diesen Stoffen, mit denen das Auslaufen von Mottenschutzmittelkonzentraten bei der Zubereitung und beim Transport innerhalb der Färberei möglichst gering gehalten werden, sowie spezielle Betriebstechniken, bei denen in der ausgezogenen Färbeflotte und im Spülwasser geringstmögliche Restmengen an Aktivsubstanzen anfallen. Zwei wirksame Maßnahmen bestehen darin, 1) sicherzustellen, dass am Schluss des Färbevorgangs ein pH-Wert <4,5 erreicht wird (sofern dies nicht möglich sein sollte, ist das Insektenschutzmittel in einem separaten Verarbeitungsschritt aufzubringen und das Behandlungsbad wieder zu verwenden), und 2) den Einsatz von Färbehilfsmitteln zu vermeiden, die eine Rückhaltewirkung auf das Aufziehen von Insektenschutzmitteln ausüben (z. B. Egalisierungsmittel oder PA-Hemmer).

Andere Verfahren schließen die proportionale Überdosierung, das Aufbringen des Mottenschutzmittels über kleinvolumige Behälter am Ende der Garnwaschstraße und die Auftragung des Insektenschutzmittels unmittelbar auf den Flor von Teppichen während der Rückenbeschichtung oder des Latexauftrags usw. ein. Der Einsatz dieser Verfahren ist jeweils charakteristisch für die drei bestehenden Garnherstellungsverfahren, d. h. das „Trockenverfahren“ (bei dem die Ware keinen Nassprozess durchläuft), die Herstellung von gefärbtem Flockmaterial und von gewaschenem Garn aus Wolle sowie Herstellung von gefärbtem Wollgarn.

Der Auftrag von Weichmachungsmitteln über Foulardwalzen oder über Sprüh- bzw. Schaumauftragssysteme führt zu besseren Umweltergebnissen als die chargenweise Ausrüstung mit Weichgriffmitteln in der Färbemaschine unmittelbar im Anschluss an den Färbevorgang. Die Verwendung von kationaktiven Weichmachungsmitteln lässt sich vermeiden, und jegliche Chemikalienverluste können auf einige wenige Prozent gesenkt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass dann die Färbe- oder Spülbäder wieder verwendet werden können, da die Reste dieser kationaktiven Weichgriffsmittel, die sonst die Adsorption der Farbstoffe im nachfolgenden Färbeprozess begrenzen, keine Probleme mehr verursachen.

Waschen

Ablass- und Füllvorgänge und „intelligentes Spülen“ sind effizientere diskontinuierliche Waschtechniken als das herkömmliche Überlaufspülen. Darüber hinaus sind die modernen Maschinen mit Zeitspareinrichtungen und anderen Spezialsystemen ausgestattet, um die typischen Verzögerungen der herkömmlichen Ablass- und Füllmethode zu vermeiden (längere Fertigungszeiten usw.). Sowohl beim „intelligenten Spülen“ als auch beim Ablassen und Befüllen können die ausgezogene konzentrierte Färbeflotte und das Spülwasser in getrennten Strömen geführt werden (Trennung der Abwasserteilströme und Rückgewinnung von Wasser und Energie).

Bei kontinuierlicher Wäsche sollte die Einsparung von Wasser und Energie durch die Anwendung einfacher betrieblicher Maßnahmen beginnen („good housekeeping“). Das kann von der Festlegung der optimalen

Zuflussmenge mit Hilfe von Zuflussreglern an den Waschmaschinen bis hin zum Einbau von Absperrventilen reichen, die bei Betriebsstörungen den Wasserzustrom sofort absperren. Weitere Verbesserungen lassen sich durch eine höhere Wascheffizienz erzielen, vor allem durch Nutzung des Gegenstromprinzips beim Waschvorgang und Senkung des Haftwassers auf der Ware (z. B. Vakuumbaftung). Als einfache und wirksame Maßnahme erweist sich im Allgemeinen der Einbau von Wärmerückgewinnungsvorrichtungen in Kontinuierwaschmaschinen.

Neue Anlagen für das Waschen mit halogenierten organischen Lösungsmitteln sind mit im Kreislauf geschlossenen Aktivkohlefiltern ausgestattet, sodass jegliches Entweichen in die Umwelt nach außen verhindert wird. Um Emissionen von mit Perchloräthylen (PER) kontaminiertem Wasser zu minimieren, wird ein Großteil des im Wasser gelösten PER extrahiert und in einem Zweiphasen-Prozess zurückgewonnen (erste Phase: Luftstrippen, zweite Phase: Adsorption an Aktivkohle, PER <1 mg/l im Abwasser). Da der Abwasserstrom recht niedrig ist ($\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$), eignen sich moderne oxidative Verfahren (z. B. das Fentons-Verfahren) für die innerbetriebliche Behandlung dieser Abwässer. Darüber hinaus hat die vollständige Neugestaltung der Destillationssektion die Lösungsmittelrückstände im Schlamm drastisch gesenkt (1 Massenprozent im Vergleich zu mehr als 5 % bei herkömmlichen Anlagen).

Abwasserbehandlung

In biologischen Abwasserbehandlungsanlagen können mit niedrigen Schlammbelastungen selbst biologisch schwer abbaubare Stoffe abgebaut werden, nicht jedoch biologisch nicht abbaubare Stoffe. Konzentrierte Abwasserströme, die solche Stoffe enthalten, sollten am Ort des Anfalls behandelt werden. Für die Textilveredlungsindustrie empfiehlt sich eine fortschrittliche Oxidation nach dem Fentons-Verfahren als aussichtsreiche Vorbehandlung (in Abhängigkeit von der Art des betreffenden Abwassers können 70 – 85 % des CSB entfernt werden und der Rest-CSB, der aufgrund der hierdurch erfolgten Modifikation der Stoffe dann biologisch weitgehend abbaubar ist, lässt sich biologisch behandeln). Hochkonzentrierte Rückstände wie Restdruckpasten und Restfarbklotzflotten sollten aus dem Abwasserstrom jedoch möglichst ganz herausgehalten und auf andere Weise entsorgt werden.

Bei Abwässern, die pigmenthaltige Druckpasten oder Latex aus der Teppichrückenbeschichtung enthalten, stellt die Fällung/Flockung und Verbrennung des dabei entstehenden Schlammes eine brauchbare Alternative zur chemischen Oxidation dar. Für Azofarbstoffe ist außerdem die anaerobe Behandlung der Färbeklotzflotten und Druckpasten vor der nachfolgenden aeroben Behandlung ein wirksames Mittel zur Entfärbung.

Für die Mischabwasserbehandlung werden folgende Verfahren empfohlen, um gleichwertige Ergebnisse zu erzielen:

- Eine tertiäre Abwasserbehandlung im Anschluss an die biologische Abwasserreinigung, etwa durch Adsorption an Aktivkohle unter Rückführung der Aktivkohle in das Belebtschlammssystem und Zerstörung der adsorbierten biologisch nicht abbaubaren Stoffen durch Verbrennung oder Behandlung des Überschussschlammes mit freien Radikalen (Biomasse und beladene Aktivkohle);
- Kombinierte biologische, physikalische und chemische Behandlung unter Zugabe von Pulver-Aktivkohle und Eisensalz zum Belebtschlammssystem und Reaktivierung des Überschussschlammes durch „Nassoxidation“ oder „Nassperoxidation“ (wenn Wasserstoffperoxid verwendet wird);
- Ozonierung biologisch schwer abbaubarer Verbindungen vor dem Belebtschlammssystem.

Für Abwässer aus der Wollwäsche werden verschiedene Verfahrenswege diskutiert. Die Leistungsfähigkeit einer Eindampfanlage für die Umwelt ist der einer Flockungsanlage weit überlegen. Auch die Anschaffungskosten einer Eindampfanlage liegen viel höher, und die Amortisationszeit (gegenüber der Einleitung in die Kanalisation) beträgt in kleineren Betrieben (3500 t Wolle pro Jahr) 4 - 5 Jahre. Für mittelgroße Unternehmen (15000 t Wolle pro Jahr) ist das Eindampfen, über einen Zeitraum von zehn Jahren betrachtet, etwas günstiger als die Flockung. Der Einsatz von Kreisläufen zur Schmutzabscheidung und Fettrückgewinnung in Verbindung mit dem Eindampfen macht die Verdampfung sogar attraktiv, weil dann eine kleinere Eindampfanlage eingebaut werden kann, was zu einer Senkung der Anschaffungskosten führt. Ein Recyclingkreislauf ermöglicht ebenfalls eine Betriebskostensenkung durch die Erlöse aus dem Verkauf des Fetts (dieser Effekt ist für Feinwollwäschereien von größerer Bedeutung).

Die aus ökologischer Sicht beste Variante wäre eine Kombination aus Kreislauf zur Schmutzabscheidung und Fettrückgewinnung und Eindampfen des Abwassers sowie Verbrennung des Schlammes bei voller

Rückgewinnung von Wasser und Energie. Der komplexe Charakter des Verfahrens und die Investitionskosten lassen sie jedoch nur geeigneter erscheinen für 1) neue Anlagen, 2) bestehende Anlagen ohne innerbetriebliche Abwasserbehandlung und 3) Anlagen, in denen veraltete Abwasserbehandlungsanlagen ersetzt werden sollen.

Hinsichtlich biologischer Abwasserbehandlungen ist bekannt, dass es in Europa Wäschereien gibt (insbesondere in Italien), die zur Abwasserbehandlung hauptsächlich biologische Verfahren einsetzen. Genaue Informationen hierzu liegen jedoch nicht vor.

Wie sich gezeigt hat, besitzen Schlämme aus der Wollwäsche hervorragende technische Eigenschaften, wenn man sie zur Ziegelherstellung mit Lehm vermischt. Die Wirtschaftlichkeit hängt in hohem Maße davon ab, welche Vereinbarung zwischen der Wäscherei und der Ziegelei getroffen wird. Nach den vorliegenden Informationen zu urteilen, müsste dieses Verfahren eigentlich kostengünstiger sein als die Verbringung auf Deponien, die Kompostierung und die Verbrennung. Zu weiteren eventuell verfügbaren Recyclingmöglichkeiten wurden keine Informationen übermittelt.

GENERELLE BVT (TEXTILINDUSTRIE INSGESAMT)

Management

Es ist unstrittig, dass technologische Verbesserungen mit guten Betriebsbedingungen und gutem Umweltmanagement Hand in Hand gehen müssen. Das Betreiben einer Anlage, in der potenziell umweltbelastende Verfahren durchgeführt werden, erfordert die Anwendung vieler Elemente eines Umweltmanagementsystems (UMS). Die Einführung eines Erfassungssystems für die Input-/Output-Massenströme der einzelnen Prozesse ist Voraussetzung für das Erkennen von Bereichen, die mit Priorität bearbeitet werden müssen, und von Möglichkeiten zur Verbesserung der umweltbezogenen Leistungsfähigkeit.

Dosierung und Verteilung von Chemikalien (außer Farbstoffen)

BVT ist der Einbau automatischer Dosier- und Verteilungssysteme, die die benötigten Mengen an Chemikalien und Hilfsmitteln exakt bestimmen und diese über Rohrnetze direkt zu den verschiedenen Maschinen leiten, ohne dass Menschen damit in Kontakt kommen.

Auswahl und Einsatz von Chemikalien

BVT ist das Befolgen bestimmter allgemeiner Grundsätze bei der Auswahl von Chemikalien und der Steuerung ihres Einsatzes:

- Wo immer die Möglichkeit besteht, das gewünschte Prozessergebnis ohne Einsatz von Chemikalien zu erreichen, sollte deren Verwendung ganz unterbleiben.
- Wo diese Möglichkeit nicht besteht, sollte bei der Auswahl der Chemikalien und ihrer Einsatzweise ein risikobasierter Ansatz gewählt werden, um das Gesamtrisiko möglichst gering zu halten.

Es gibt eine Reihe von Chemikalienlisten und Instrumente zur Klassifizierung der Stoffe. Zu den Betriebsarten, die mit dem niedrigsten Gesamtrisiko verbunden sind, zählen die Verfahren mit geschlossenem Kreislauf und die prozessinterne Schadstoffzerstörung. Natürlich ist das einschlägige Gemeinschaftsrecht unbedingt entsprechend zu beachten.

Ausgehend von diesen Grundsätzen ergeben sich einige detaillierte BVT-Schlussfolgerungen vor allem für Tenside, Komplexbildner und Entschäumungsmittel. Nähere Informationen dazu enthält Kapitel 5.

Auswahl des eingehenden Rohfasermaterials

Anerkanntermaßen ist die Kenntnis der Qualität und Quantität der Stoffe (z. B. Präparationen, Pestizide, Stricköle), mit denen die Fasern in den vorgeschalteten Prozessen behandelt werden, von entscheidender Bedeutung, wenn der Betreiber in die Lage versetzt werden soll, Auswirkungen dieser Stoffe auf die Umwelt zu vermeiden und zu kontrollieren. BVT ist das Anstreben einer Zusammenarbeit mit den vorgeschalteten Partnern in der textilen Kette mit dem Ziel, ein gemeinsames Umweltbewusstsein innerhalb der textilen Kette aufzubauen. Es ist wünschenswert, Informationen auszutauschen über Art und Menge der Chemikalien, die in jeder Phase des Produktlebenszyklus den Fasern zugegeben werden bzw. auf der Faser verbleiben. Eine Reihe von BVT für verschiedene Arten von textilen Rohstoffen wurde festgelegt:

- Chemiefasern: BVT ist die Auswahl von Materialien mit emissionsarmen und biologisch abbaubaren/biologisch eliminierbaren Präparationen.
- Baumwolle: Hauptprobleme sind hier das Vorhandensein gefährlicher Stoffe wie Pentachlorphenol (PCP) sowie die Beschaffenheit und Menge der verwendeten Schlichtemittel (Auswahl von textilem Rohstoffen, die mit hoch wirksamen biologisch eliminierbaren Schlichtemitteln unter Verwendung von Minimalauftragstechniken behandelt worden ist. Wenn es die Marktbedingungen erlauben, sollte vorzugsweise Baumwolle aus organischem Anbau eingesetzt werden.
- Wolle: Hier gilt das Hauptaugenmerk der Nutzung der verfügbaren Informationen und der Förderung von Initiativen zur Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Gremien mit dem Ziel, die Verarbeitung von Wolle zu vermeiden, die mit chlororganischen Pestiziden belastet ist, und den Einsatz gesetzlich zulässiger Ektoparasitizide bei Schafen an der Quelle so gering wie nur möglich zu halten. Die Auswahl von Wollgarnen, die anstelle von Formulierungen auf Mineralölbasis, welche womöglich noch APEO enthalten, mit biologisch abbaubaren Spinnmitteln gesponnen wurden, ist ebenfalls Bestandteil der BVT.

Bei sämtlichen Maßnahmen wird vorausgesetzt, dass das Faserausgangsmaterial/die Rohfaserware für die Textilverarbeitung unter Einsatz eines Qualitätssicherungssystems hergestellt wurde, sodass dem Veredlungsbetrieb die entsprechenden Informationen zur Art und Menge der Schadstoffe zugänglich sind.

Wasser- und Energiemanagement

Zwischen Wasser- und Energieeinsparungen besteht in der Textilindustrie häufig ein Zusammenhang, da die Energie hauptsächlich zum Erhitzen der Prozessbäder eingesetzt wird. Die BVT beginnt bei der Überwachung des Wasser- und Energieverbrauchs der verschiedenen Prozesse, verbunden mit einer besseren Kontrolle der Prozessparameter. BVT umfasst den Einsatz von Maschinen mit einem niederen Flottenverhältnis bei diskontinuierlichen Prozessen, Minimalauftragsverfahren bei der kontinuierlichen Veredlung sowie den Einsatz der neuesten Verfahren zur Verbesserung der Wascheffizienz. BVT ist darüber hinaus die Prüfung von Möglichkeiten für die Wiederverwendung von Wasser und das Recycling durch systematische Charakterisierung von Beschaffenheit und Menge der verschiedenen Prozessströme.

WOLLWÄSCHE

Wollwäsche mit Wasser

BVT ist der Einsatz von Recyclingkreisläufen für Fett und Schmutz. Durch BVT-erreichbare Werte für den Wasserverbrauch liegen bei 2 bis 4 l pro Kilogramm fettiger Wolle in mittelgroßen und großen Wäschereien (15000 Tonnen fettiger Wolle pro Jahr) und 6 l/kg in kleinen Betrieben. Die entsprechenden Werte für die Fettrückgewinnung bewegen sich zwischen 25 und 30 % des geschätzten Fettanteils in der gewaschenen Wolle. Ähnlich schwanken die BVT-bezogenen Werte für den Energieverbrauch zwischen 4 - 4,5 MJ pro Kilogramm verarbeiteter fettiger Wolle, wovon ungefähr 3,5 MJ/kg Wärmeenergie und 1 MJ/kg elektrischer Energie sind. Mangels Daten ist jedoch keine Aussage dazu möglich, ob die vorstehend genannten BVT-bezogenen Werte für den Wasser- und Energieverbrauch sich auch auf extrafeine Wolle (Faserdurchmesser in der Regel höchstens 20 µm) anwenden lassen.

Wollwäsche mit organischen Lösungsmitteln

Die Wäsche mit organischen Lösungsmitteln gilt als BVT unter der Voraussetzung, dass sämtliche Maßnahmen getroffen werden, um die Verluste an flüchtigen Substanzen möglichst gering zu halten und jedwede Grundwasserkontamination durch diffuse Verunreinigungen und Störfälle zu verhindern. Näheres zu diesen Maßnahmen siehe Abschnitt 2.3.1.3.

TEXTILVEREDLUNG UND TEPPICHINDUSTRIE

Vorbehandlung

Entfernung von Strickavivagen aus der Ware

BVT ist die Anwendung einer der nachstehenden Maßnahmen:

- Auswahl von Maschenware, die unter Verwendung wasserlöslicher und biologisch abbaubarer Avivagen hergestellt wurde, anstelle herkömmlicher Avivagen auf Mineralölbasis (siehe Abschnitt 4.2.3). Die Avivagen sind durch eine Wäsche in Wasser zu entfernen. Bei Maschenware aus Chemiefasern muss der Waschvorgang vor der Thermofixierung erfolgen (um die Avivagen zu entfernen und zu verhindern, dass sie als Abgasemissionen freigesetzt werden).

- Durchführung der Rohfixierung vor dem Waschvorgang, die dabei vom Spannrahmen auftretenden Abgasemissionen sind mittels Elektrofiltersysteme zu behandeln, die eine Energierückgewinnung und die getrennte Ölabscheidung ermöglichen. Dadurch wird die Abwasserbelastung verringert (siehe Abschnitt 4.10.9).
- Entfernung der nicht wasserlöslichen Öle durch eine Wäsche mit organischen Lösungsmitteln. In diesem Fall sind die in Abschnitt 2.3.1.3 beschriebenen Anforderungen zu beachten und damit einhergehende Vorkehrungen für die Zerstörung flüchtiger Schadstoffe innerhalb des Kreislaufs zu treffen (z. B. durch fortschrittliche Oxidationsprozesse). Dadurch wird jede etwaige, durch diffuse Verunreinigungen und durch Störfälle hervorgerufene Grundwasserkontamination verhindert. Dieses Verfahren eignet sich auch, wenn auf der Ware andere nicht wasserlösliche Vorbehandlungsmittel wie etwa Siliconöle vorhanden sind.

Entschlichtung

BVT ist, eine der nachstehenden Maßnahmen anzuwenden:

- Auswahl von textilem Rohmaterial, das mit Minimal-Auftragsverfahren (z. B. Vornetzung des Kettgarns, siehe 4.2.5) und wirksameren biologisch eliminierbaren Schlichtemittel (siehe 4.2.4) behandelt wurde, verbunden mit dem Einsatz effizienter Waschsysteme für die Entschlichtung und Verfahren zur Behandlung von Abwässern mit einer niedrigen Konzentration der zugeführten organischen Inhaltsstoffe im Verhältnis zur Konzentration der Mikroorganismen (Schlammbelastung) ($B_{TS} < 0,15 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$, Adaption des Belebtschlammes und Temperaturen über $15 \text{ }^\circ\text{C}$ – siehe 4.10.1) zur Verbesserung der biologischen Eliminierbarkeit der Schlichtemittel.
- Die oxidative Entschlichtung ist zu wählen, wenn die Herkunft des Textilgewebes nicht kontrolliert werden kann (siehe Abschnitt 4.5.2.4).
- Kombination von Entschlichtung/Wäsche und Bleiche zu einem einzigen Behandlungsschritt, wie in Abschnitt 4.5.3 beschrieben.
- Rückgewinnung und Wiederverwendung der Schlichtemittel durch Ultrafiltration, wie in Abschnitt 4.5.1 beschrieben.

Bleichen

BVT ist:

- Einsatz von Wasserstoffperoxid als bevorzugtes Bleichmittel in Verbindung mit Techniken zur Minimierung der Verwendung von Wasserstoffperoxidstabilisatoren, wie in Abschnitt 4.5.5 beschrieben, oder Einsatz biologisch abbaubarer bzw. biologisch eliminierbarer Komplexbildner, wie in Abschnitt 4.3.4 beschrieben.
- Einsatz von Natriumchlorit für Flachs- und Bastfasern, die sich mit Wasserstoffperoxid allein nicht bleichen lassen. Die bevorzugte Variante ist ein zweistufiges Bleichverfahren mit Wasserstoffperoxid und Chlordioxid. Dabei ist sicherzustellen, dass elementarchlorfreies Chlordioxid verwendet wird. Dieses wird durch Verwendung von Wasserstoffperoxid als Reduktionsmittel aus Natriumchlorat hergestellt (siehe Abschnitt 4.5.5).
- Beschränkung des Einsatzes von Natriumhypochlorit auf Fälle, in denen ein hoher Weißgrad erreicht werden muss, und bei empfindlicher Ware, die durch Depolymerisation geschädigt würde. Um die Bildung gefährlicher AOX-Verbindungen zu verringern, erfolgt in diesen speziellen Fällen die Natriumhypochloritbleiche in einem zweistufigen Verfahren, wobei in der ersten Phase Peroxid und in der zweiten Hypochlorit zum Einsatz kommt. Das Abwasser aus der Hypochloritbleiche ist von den anderen Strömen und Mischabwässern getrennt zu halten, um die Bildung gefährlicher AOX-Verbindungen gering zu halten.

Mercerisieren

BVT ist:

- entweder die Rückgewinnung und Wiederverwendung von Natronlauge aus dem Mercerisierungsspülwasser, wie in Abschnitt 4.5.7 beschrieben,
- oder die Wiederverwendung des natronlaugehaltigen Abwassers für andere Vorbehandlungsverfahren.

Färben

Dosierung und Verteilung der Färberezepturen

BVT ist die Anwendung sämtlicher nachstehender Maßnahmen:

- Verringerung der Anzahl an Farbstoffen (eine Möglichkeit hierzu ist die Verwendung von trichromen Farbsystemen).
- Verwendung automatischer Farbstoffdosierungs- und -verteilungssysteme; lediglich bei Farbstoffen, die selten verwendet werden, sollte eine manuelle Zugabe in Betracht kommen.
- Bei langen kontinuierlichen Förderleitungen, bei denen das Totvolumen des Verteilungssystems mit dem Volumen des Färbefoulards vergleichbar ist, sind dezentrale automatische Farbstationen zu bevorzugen, die die verschiedenen Chemikalien nicht vor dem Prozess mit den Farbstoffen vermischen und die vollautomatisch gereinigt werden.

Allgemeine BVT für diskontinuierliche Färbeprozesse

BVT ist:

- Einsatz von Maschinen, die ausgestattet sind mit: automatischen Regeleinrichtungen für Füllstand, Temperatur und weitere Parameter des Färbezyklus sowie indirekten Heiz- und Kühlsystemen, Abzugshauben und Türen zur Minimierung von Dampfverlusten.
- Auswahl von Maschinen, die sich am besten für die zu verarbeitende Partiegroße eignen, um deren Betrieb im Bereich der Auslegungs-Flottenverhältnisse, für die sie ausgelegt sind, zu ermöglichen. Moderne Maschinen lassen sich bei annähernd gleich bleibenden Flottenverhältnissen betreiben, auch wenn sie nur zu 60 % (oder sogar nur zu 30 % im Fall von Garnfärbeanlagen) ihrer Auslegungskapazität beladen werden (siehe Abschnitt 4.6.19).
- Auswahl neuer Maschinen, die so weit wie möglich den in Abschnitt 4.6.19 beschriebenen Anforderungen gerecht werden:
 - niedriges oder extrem niedriges Flottenverhältnis
 - Trennung des Bades von der Textilware während des Prozesses
 - interne Trennung der Färbeflotte von der Waschflotte
 - mechanische Flottenextraktion zur Verringerung von Verschleppungen und zur Verbesserung der Wascheffizienz
 - Verringerung der Prozessdauer.
- Ersetzen der Überlauf-Spülmethode bevorzugt durch die Ablass- und Füllmethoden oder durch andere Verfahren (intelligentes Spülen der Ware), wie in Abschnitt 4.9.1 beschrieben.
- Wiederverwendung des Spülwassers für den nächsten Färbegang oder Wiederaufbereitung und nochmalige Nutzung des Färbebades, sofern das unter technischen Gesichtspunkten möglich ist. Dieses Verfahren (siehe Abschnitt 4.6.22) lässt sich beim Färben von Flockmaterial, wobei von oben beschickte Maschinen zum Einsatz kommen, einfacher umsetzen. Der Warenträger kann aus der Färbemaschine entfernt werden, ohne dass das Färbebad abgelassen werden muss. Moderne diskontinuierliche Färbemaschinen sind jedoch schon mit eingebautem Auffangbehälter ausgestattet, die eine ununterbrochene, automatische Trennung der Konzentrate vom Spülwasser erlauben.

BVT für kontinuierliche Färbeprozesse

Bei kontinuierlichen und semikontinuierlichen Färbeprozessen wird weniger Wasser verbraucht als beim diskontinuierlichen Färben, jedoch fallen hier hoch konzentrierte Rückstände an.

BVT ist, durch nachstehende Maßnahmen die Verluste von konzentrierter Färbeflotte zu vermindern:

- Einsatz von Minimal-Flottenauftragssystemen Minimierung des Färbefoulardvolumens bei Anwendung der Klotzfärbetechnik.
- Nutzung von Zubereitungssystemen, bei denen die Chemikalien online als getrennte Ströme zubereitet und erst unmittelbar vor der Zuführung zur Auftragsvorrichtung gemischt werden.
- Einsatz eines der nachstehenden Klotzflottendosiersysteme auf der Grundlage der Messung der Farbflottenaufnahme (siehe 4.6.7):
 - Messung der verbrauchten Färbeflottenmenge bezogen auf die verarbeitete Warenmenge (Warenlänge multipliziert mit ihrem spezifischen Gewicht); die hierbei ermittelten Werte werden automatisch verarbeitet und bei der Vorbereitung der nächsten vergleichbaren Partie herangezogen.
 - Einsatz der Rapid-Batch-Färbetechnik, bei der die Farbstofflottenmenge vor Beginn des Färbens nicht für die gesamte Partie zubereitet wird, sondern bedarfsgerecht in mehreren Schritten, ausgehend von der laufenden Messung der Flottenaufnahme. Wenn wirtschaftliche Gesichtspunkte dies erlauben, ist dieses zweite Verfahren zu bevorzugen (siehe 4.6.7).

- Erhöhung der Wascheffizienz durch Nutzung des Gegenstromprinzips beim Waschvorgang und Verringerung der in Abschnitt 4.9.2 beschriebenen Verschleppungen.

Färben von PES und PES-Mischungen mit Dispersionsfarbstoffen

BVT ist:

- Vermeidung des Einsatzes gefährlicher Färbebeschleuniger (Carrier) durch (nach Priorität geordnet):
 - Verwendung carrierfrei färbbarer Polyesterfasern (modifizierte PET oder PTT-Typen wie in Abschnitt 4.6.2 beschrieben, wenn der Markt dies zulässt;
 - Färben unter Hochtemperaturbedingungen ohne Einsatz von Carriern. Dieses Verfahren eignet sich nicht für PES/WO- und Elasthan/WO-Mischungen;
 - Ersatz der herkömmlichen Carrier durch Verbindungen auf Basis von Benzylbenzoat und N-Alkylphthalimid zum Färben von WO/PES-Fasern (siehe Abschnitt 4.6.1).
- Substitution von Natriumdithionit in der PES-Nachbehandlung durch eines der zwei vorgeschlagenen Verfahren (wie in Abschnitt 4.6.5 beschrieben):
 - Austausch des Natriumdithionit durch ein Reduktionsmittel auf der Grundlage von Sulfinsäurederivaten. Gleichzeitig sollten Maßnahmen getroffen werden, die sicherstellen, dass das Reduktionsmittel exakt in der Menge verbraucht wird, die zur Farbstoffreduktion notwendig ist (z. B. durch Einsatz von Stickstoff zur Entfernung des Sauerstoffs aus der Färbeflotte und der in der Maschine befindlichen Luft).
 - Einsatz von Dispersionsfarbstoffen, die anstelle einer reduktiven Nachbehandlung, in alkalischem Milieu durch Hydrolyse in Lösung gebracht (siehe Abschnitt 4.6.5).
- Einsatz optimierter Färberezepturen, die Dispergiermittel enthalten, welche in hohem Maße biologisch eliminierbar sind, wie in Abschnitt 4.6.3 beschrieben.

Färben mit Schwefelfarbstoffen

BVT ist (siehe 4.6.6):

- Ersatz der herkömmlichen pulverförmigen und flüssigen Schwefelfarbstoffe durch stabilisierte nicht vorreduzierte sulfidfreie Farbstoffe oder vorreduzierte Flüssigfärberezepturen mit einem Sulfidgehalt unter 1 %;
- Ersatz des Natriumsulfids durch schwefelfreie Reduktionsmittel oder Natriumdithionit (in dieser Reihenfolge);
- Maßnahmen, mit denen sichergestellt wird, dass das Reduktionsmittel nur in exakt der Menge verbraucht wird, die zur Farbstoffreduktion notwendig ist (z. B. durch Einsatz von Stickstoff zur Entfernung des Sauerstoffs aus der Färbeflotte und der in der Maschine befindlichen Luft);
- Einsatz von Wasserstoffperoxid als bevorzugtes Oxidationsmittel.

Diskontinuierliches Färben mit Reaktivfarbstoffen

BVT ist:

- Verwendung von hochfixierenden Low-Salt-Reaktivfarbstoffen, wie unter 4.6.10 und 4.6.11 beschrieben;
- Verzicht auf Waschmittel und Komplexbildner beim Spülen und in den Neutralisationsstufen nach dem Färben durch Heißspülen in Verbindung mit der Wärmerückgewinnung aus dem Spülabwasser (siehe Abschnitt 4.6.12).

Färben mit Reaktivfarbstoffen im KKV-Verfahren

BVT ist die Verwendung von Färbeverfahren, deren Leistungsniveau mit dem der in Abschnitt 4.6.13 beschriebenen Techniken vergleichbar ist. Wenn man von den Gesamtverarbeitungskosten ausgeht, ist das beschriebene Verfahren kosteneffizienter als das Färben im KKV-Verfahren, doch ist die Umstellung auf diese neue Technologie mit erheblichen Anschaffungskosten verbunden. Bei neuen Anlagen und in Fällen, in denen Anlagen ohnehin durch neue ausgetauscht werden sollen, fällt der Kostenfaktor weniger stark ins Gewicht. In allen Fällen ist BVT, den Einsatz von Harnstoff zu vermeiden und silikatfreie Fixiermethoden einzusetzen (siehe Abschnitt 4.6.9).

Färben von Wolle

BVT ist:

- Ersatz der Chromierungsfarbstoffe durch Reaktivfarbstoffe oder, wo dies nicht möglich ist, Anwendung von Ultra-Niedrig-Chromierungsverfahren, die sämtliche in Abschnitt 4.6.15 beschriebenen Anforderungen erfüllen:
 - Es wird ein Emissionsfaktor von 50 mg Chrom pro Kilogramm behandelter Wolle erreicht, was bei einem Flottenverhältnis von 1:10 einer Chromkonzentration von 5 mg/l im ausgezogenen Chromierungsbad entspricht.
 - Im Abwasser ist kein Chrom (VI) feststellbar (bei Verwendung einer Standardmethode, mit der Cr (VI) bei Konzentrationen <0,1 mg/l nachgewiesen werden kann).
- Sicherstellung des niedrigstmöglichen Schwermetalleintrags in das Abwasser beim Färben von Wolle mit Metallkomplexfarbstoffen. BVT-bezogene Werte sind Emissionsfaktoren von 10 - 20 mg/kg behandelter Wolle, was bei einem Flottenverhältnis von 1:10 einer Chromkonzentration von 1 - 2 mg/l im ausgezogenen Färbebad entspricht. Ein solches Ergebnis lässt sich erzielen durch:
 - Verwendung von Hilfsmitteln, die die Farbstoffaufnahme beschleunigen wie etwa der in Abschnitt 4.6.17 beschriebene Prozess für Flockmaterial und Kammzüge;
 - Verwendung von Techniken zur pH-Wert-Regelung zur Maximierung des endgültigen Färbeadauszuges bei anderen Aufmachungen.
- Bevorzugung pH-Wert-geregelter Verfahren zum Färben mit pH-regulierbaren Farbstoffen (Säurefarbstoffe und basische Farbstoffe), sodass unter maximalem Aufziehen der Farbstoffe und Insektenschutzmittel sowie unter minimalem Einsatz organischer Egalisierungsmittel egale Färbungen erzielt werden (siehe Abschnitt 4.6.14).

Drucken

Allgemeiner Druckprozess

BVT ist:

- Verminderung der Druckpastenverluste beim Rotationsfilmdruck durch:
 - Minimierung des Volumens der Druckpastenzuführungssysteme (siehe 4.7.4)
 - Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem am Ende jedes Druckvorganges mit dem in Abschnitt 4.7.5 beschriebenen Verfahren
 - Recycling von Restdruckpasten (siehe Abschnitt 4.7.6)
- Verminderung des Wasserverbrauchs bei Reinigungsvorgängen durch eine Kombination aus (siehe Abschnitt 4.7.7):
 - An-/Aus-Überwachung der Wasserzuführung für die Druckdeckenwäsche
 - Wiederverwendung des gering verschmutzten Spülwassers, das bei der Reinigung von Rakeln, Druckschablonen und Eimern anfällt.
 - Wiederverwendung des Druckdeckenwaschwassers
- Einsatz digitaler Tintenstrahldruckmaschinen (Inkjet-Druck) für kurze Metragen an Flachgewebe (weniger als 100 m), wenn der Absatzmarkt dies zulässt (siehe Abschnitt 4.7.9). Nicht als BVT gilt das Spülen mit Lösemitteln zur Verhinderung des Blockierens, wenn der Drucker außer Betrieb ist.
- Einsatz der in Abschnitt 4.7.8 beschriebenen digitalen Düsendruckmaschinen für das Bedrucken von Teppichware und texturierten textilen Flächen außer beim 2-Phasendruck- und Reservedruckverfahren und bei vergleichbaren Verhältnissen.

Reaktivdruck

BVT ist die Vermeidung des Harnstoffeinsatzes durch:

- die Einstufenmethode mit geregelter Feuchtigkeit, bei dem die Feuchtigkeit entweder in Schaumform oder durch Besprühen einer bestimmten Wassertröpfchenmenge zugeführt wird (siehe Abschnitt 4.7.1)

oder

- die Zweistufen-Druckmethode (siehe 4.7.2).

Bei Seide und Viskose ist bei dem einstufigen Druckprozess das Sprühverfahren nicht zuverlässig, da diese Fasern nur eine geringe Feuchtigkeitzufuhr erfordern. Das Schaumauftragsverfahren mit vollständigem Verzicht auf den Harnstoff hat sich bei Viskose bewährt, jedoch noch nicht bei Seide. Eine

Schaumaufragsanlage für bis zu 80000 Laufmeter Produktionskapazität pro Tag ist mit hohen Anschaffungskosten - etwa 200000 EUR - verbunden. Bei Anlagen mit Tageskapazitäten von ca. 30000, 50000 und 140000 Laufmeter ist dieses Verfahren unter wirtschaftlich vertretbaren Konditionen eingesetzt worden. Ob dies für kleinere Anlagen gilt, ist fraglich.

Wenn das Schaumverfahren nicht eingesetzt wird, kann die Einsatzmenge an Harnstoff bei Seide auf ungefähr 50 g/kg Druckpaste und bei Viskose auf 80 g/kg vermindert werden.

Pigmentdruck

BVT ist der Einsatz optimierter Druckpasten, die folgende Anforderungen erfüllen (siehe 4.7.3):

- lösemittelarme oder -freie Verdickungsmittel und formaldehydarme Binder. Der entsprechende Abgasemissionsfaktor beträgt $<0,4$ g org.-C/kg Textilware (bezogen auf ein Luft-Waren-Verhältnis von 20 m^3 Luft/kg Textilware);
- APEO-frei und hohe biologische Eliminierbarkeit;
- reduzierter Ammoniakgehalt. Der entsprechende Emissionsfaktor beträgt $0,6$ g NH_3 /kg Textilware (bezogen auf ein Luft-Waren-Verhältnis von 20 m^3 Luft/kg Textilware).

Ausrüsten

Verfahren im Allgemeinen

BVT ist:

- Minimierung der Restflotte durch:
 - Einsatz von Minimalauftragstechniken (z. B. Anwendung von Schaum- oder Sprühauftrag) oder Minimierung der Foulardvolumina.
 - Wiederverwendung von Klotzflotten, wenn die Qualität dadurch nicht beeinträchtigt wird.
- Minimierung des Energieverbrauchs von Spannrahmen (siehe Abschnitt 4.8.1):
 - Verwendung mechanischer Entwässerungseinrichtungen zur Reduzierung des Wassergehalts des zu trocknenden Textils;
 - Optimierung der Abgasmenge durch automatische Regulierung der Abgasfeuchte auf $0,1$ bis $0,15$ kg Wasser pro Kilogramm Trockenluft unter Berücksichtigung der zum Erreichen des Gleichgewichtszustands erforderlichen Zeit;
 - Installation von Wärmerückgewinnungssystemen;
 - Einbau von Wärmeisoliertsystemen
 - Sicherstellung einer optimalen Wartung der Brenner bei direkt beheizten Spannrahmen.
- Verwendung von emissionsoptimierten Rezepten. Ein Beispiel für die Klassifizierung/Auswahl von Ausrüstungsrezepturen ist das in Abschnitt 4.3.2 beschriebene „Emissionsfaktorenkonzept“.

Pflegeleicht-Ausrüstung

BVT ist die Verwendung formaldehydfreier Vernetzungsmittel im Bereich Teppichherstellung sowie formaldehydfreier bzw. formaldehydarmer ($<0,1$ % Formaldehydgehalt in der Rezeptur) Vernetzungsmittel in der Textilindustrie (siehe 4.8.2).

Mottenschutz-Ausrüstung

- Allgemeine Verfahren

BVT ist:

- Geeigneter Umgang mit den Einsatzstoffen, wie in Abschnitt 4.8.4.1 beschrieben;
- Sicherstellung einer Auftragseffizienz von 98 % (Auftrag des Insektenschutzmittels auf die Faser);
- Durchführung der folgenden Zusatzmaßnahmen, wenn das Insektenschutzmittel aus einem Färbebad appliziert wird:
 - Sicherstellung eines pH-Wertes $< 4,5$ bei Prozessende bzw., wenn dies nicht möglich sein sollte, Aufbringen des Insektenschutzmittels in einem separaten Verarbeitungsschritt und Wiederverwendung des Bades;
 - Zugabe des Insektenschutzmittels nach Ausdehnung des Färbebades, um Verluste durch Überlaufen zu vermeiden;
 - Auswahl von Färbehilfsmitteln, die keinen Einfluss auf die Aufnahme (Ausziehverhalten) der Insektenschutzmittel während des Färbeprozesses ausüben (siehe Abschnitt 4.8.4.1).

- Mottenschutzrüstung von Garnen, die in der Aufmachung als Flocke oder Garn außer beim Flockefärben keinen Nassprozess durchlaufen
BVT ist, eines oder beide nachstehenden Verfahren anzuwenden (in Abschnitt 4.8.4.2 beschrieben):
 - Saure Nachbehandlung (zur Erhöhung der Aufnahme der Aktivsubstanz des Mottenschutzmittels), verbunden mit der Wiederverwendung des Spülbades für den nächsten Färbeprozess;
 - Behandlung eines Faseranteils von 5% an der Gesamtfasermischung mit einer überdurchschnittlichen Menge an Insektenschutzmittel, verbunden mit der Auswahl spezieller Färbemaschinen und Abwasserrecyclingsysteme mit dem Ziel, die Emission der Aktivsubstanz in das Wasser möglichst gering zu halten.

- Mottenschutzrüstung von Fasern, die in der Flocke gefärbt und im Garn vorbehandelt werden
BVT ist (siehe Abschnitt 4.8.4.3):
 - Einsatz spezieller Auftragsysteme mit minimierten Volumina, die am Ende der Garnwaschanlage angeordnet sind;
 - Aufbereitung der geringen Mengen an Prozessflotte zwischen den Bädern und Einsatz von Prozessen, die eigens entwickelt wurden, um die Aktivsubstanz aus der verbrauchten Prozessflotte zu entfernen. Zu diesen Verfahren können auch Adsorptions- oder Abbauprozesse gehören.
 - Aufbringung des Mottenschutzmittels unmittelbar auf den Teppichflor (wenn die Mottenschutzimprägnierung während der Teppichherstellung erfolgt) unter Einsatz des Schaumauftragsverfahrens.

- Mottenschutzrüstung von Fasern, die als Garn vorbehandelt und gefärbt werden
BVT ist (siehe Abschnitt 4.8.4.4):
 - Einsatz eines gesonderten Nachbehandlungsprozesses, um die Emissionen bei Färbeprozessen, die für die Aufnahme von Mottenschutzmitteln unter weniger optimalen Bedingungen erfolgen, möglichst gering zu halten;
 - Einsatz semi-kontinuierlicher Minimalauftragsanlagen oder modifizierter Zentrifugen;
 - Wiederverwendung der zwischen den einzelnen Garnpartien in kleinen Mengen anfallenden Ausrüstungsflotte und Einsatz von Prozessen, die eigens entwickelt wurden, um die Aktivsubstanz aus der ausgezogenen Prozessflotte zu entfernen. Zu diesen Verfahren können auch Adsorptions- oder Abbauprozesse gehören.
 - Aufbringung des Mottenschutzmittels unmittelbar auf den Teppichflor (wenn die Mottenschutzimprägnierung während der Teppichherstellung erfolgt) unter Einsatz des Schaumauftragsverfahrens.

- Weichmachungsbehandlungen
BVT ist das Aufbringen von Weichmachungsmitteln mittels Foulard mit Quetschwerk bzw. noch besser über Sprüh- bzw. Schaumauftragsysteme anstelle der chargenweise Behandlung in der Färbemaschine unmittelbar im Anschluss an das Auszieh färben (siehe Abschnitt 4.8.3).

Waschen

BVT ist:

- Ersetzen des Waschens und Spülens im Überlauf durch Ablass- und Füllverfahren oder durch „intelligente Spülverfahren“, wie sie in Abschnitt 4.9.1 beschrieben sind;
- Senkung des Wasser- und Energieverbrauchs bei Kontinue-Prozessen durch:
 - Installation hocheffizienter Waschmaschinen in Übereinstimmung mit den in Abschnitt 4.9.2 beschriebenen Grundsätzen. Die entsprechenden Werte für das hoch effiziente Kontinue-Breitwaschen von Cellulose- und Chemiefasern können Tabelle 4.38 entnommen werden;
 - Einführung von Wärmerückgewinnungseinrichtungen.
- Wenn eine Reinigung mit halogenierten organischen Lösungsmitteln unverzichtbar ist (z. B. bei Ware, die stark mit Präparationen wie Siliconölen belastet ist, welche nur schwer mit Wasser zu entfernen sind), sollten Anlagen mit geschlossenem Kreislauf verwendet werden. Es ist zwingend erforderlich, dass diese Anlagen die unter 4.9.3 genannten Anforderungen erfüllen und im geschlossenen Kreislaufsystem Vorkehrungen getroffen sind, um persistente Schadstoffe (z. B. durch fortschrittliche Oxidationsprozesse) zu zerstören, mit dem Ziel, jedwede Kontamination des Grundwassers durch diffuse Verunreinigungen und Störfälle zu verhindern.

Abwasserbehandlung

Die Abwasserbehandlung erfolgt nach mindestens drei verschiedenen Strategien:

- die zentrale Behandlung in einer innerbetrieblichen biologischen Abwasserbehandlungsanlage;
- die zentrale Behandlung außerhalb des Betriebes in einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage;
- die innerbetriebliche (oder außerhalb des Betriebes) dezentrale Behandlung ausgewählter Abwasserteilströme;

Bei allen drei Strategien handelt es sich um BVT-Varianten, sofern sie auf die jeweilige Abwassersituation korrekt angewendet werden. Allgemein anerkannt sind unter anderem die folgenden grundlegenden Grundsätze der Abwasserwirtschaft und Abwasserbehandlung:

- Charakterisierung der verschiedenen innerbetrieblich anfallenden Abwasserströme (siehe Abschnitt 4.1.2).
- Trennung der Abwässer am Anfallort nach Art und Belastung vor ihrer Vermischung mit anderen Teilströmen. Dadurch wird sichergestellt, dass einer Behandlungsanlage nur diejenigen Schadstoffe zugeleitet werden, die sie auch behandeln kann. Darüber hinaus wird damit die Wiederverwendung des Abwassers ermöglicht.
- Zuführung der belasteten Abwasserströme zur geeignetsten Behandlung.
- Verhinderung des Eintrags von Abwasserinhaltsstoffen, die in biologischen Abwasserbehandlungssystemen zu Betriebsstörungen verursachen könnten.
- Behandlung von Abwasserteilströmen, die biologisch nicht abbaubare Stoffe in relevanter Menge enthalten, mit Hilfe geeigneter Verfahren vor bzw. anstelle der abschließenden biologischen Behandlung.

Diesem Ansatz entsprechend gelten die folgenden Verfahren als allgemeine BVT für die Behandlung von Abwässern aus der Textilveredlungs- und Teppichindustrie:

- Abwasserbehandlung in einem Belebtschlammssystem mit niedriger Schlammbelastung, wie in Abschnitt 4.10.1 beschrieben, vorausgesetzt, dass die konzentrierten Ströme, die biologisch nicht abbaubare Stoffe enthalten, getrennt vorbehandelt werden
- Vorbehandlung ausgewählter und abgetrennter hoch belasteter ($CSB > 5000 \text{ mg/l}$) Abwasserteilströme, die biologisch nicht abbaubare Stoffe enthalten, mittels chemischer Oxidation (z. B. Behandlung nach dem Fentons-Verfahren, wie in Abschnitt 4.10.7 beschrieben). Hierfür in Frage kommende Abwasserströme sind Farbklotzflotten aus der semi-kontinuierlichen oder kontinuierlichen Färberei und der Ausrüstung, Entschlichtungsbäder, Druckpasten, Rückstände aus der Rückenbeschichtung von Teppichen, ausgezogene Farbe- und Ausrüstungsflotten.

Bestimmte spezielle Prozessrückstände wie Restdruckpasten und Restfarbklotzflotten sind hoch konzentriert und sollten nach Möglichkeit dem Abwasser ferngehalten werden.

Diese Rückstände sind in geeigneter Weise zu entsorgen; wegen des hohen Brennwertes kann die thermische Oxidation eine geeignete Methode sein.

Für die speziellen Fälle, wie pigmentdruckpastenhaltige Abwässer oder latexhaltige Abwässer aus der Teppichrückenbeschichtung stellt die Fällung/Flockung mit Verbrennung des dabei anfallenden Schlammes eine brauchbare Alternative zur chemischen Oxidation dar (siehe Abschnitt 4.10.8).

Für Azofarbstoffe kann die in Abschnitt 4.10.6 beschriebene anaerobe Behandlung der Farbklotzflotten und Druckpasten vor einer nachfolgenden aeroben Behandlung ein wirksames Verfahren zur Entfärbung sein.

Wenn die konzentrierten Abwasserteilströme, die biologisch nicht abbaubare Stoffe enthalten, nicht gesondert behandelt werden können, sind physikalisch-chemische Zusatzbehandlungen erforderlich, um eine entsprechende Gesamtreinigungsleistung zu erzielen. Hierzu gehören:

- Tertiärbehandlungen im Anschluss an den biologischen Behandlungsprozess. Ein Beispiel hierfür ist die Adsorption an Aktivkohle unter Rückführung der Aktivkohle in das Belebtschlammssystem. Anschließend erfolgt die Eliminierung der adsorbierten biologisch nicht abbaubaren Stoffe durch Verbrennung oder Behandlung des Überschussschlammes (Biomasse und verbrauchte Aktivkohle) mit Methoden, bei denen freie Radikale erzeugt werden (z. B. in einem Prozess, in dem OH^* , O_2^{*-} und CO_2^{*-} erzeugt werden) (siehe Anlage 6 im Abschnitt 4.10.1).

- Kombinierte biologische, physikalische und chemische Behandlung unter Zugabe von Pulveraktivkohle und Eisensalz zum Belebtschlammssystem und Reaktivierung des Überschussschlammes durch „Nassoxidation“ oder „Nassperoxidation“ (wenn Wasserstoffperoxid verwendet wird), wie in Abschnitt 4.10.3 beschrieben.
- Ozonierung schwer abbaubarer Verbindungen vor dem Belebtschlammssystem (siehe Anlage 3 in Abschnitt 4.10.1).

Abwasserbehandlung im Rohwollwäschebereich (Prozess auf Wasserbasis)

BVT ist:

- Kombination der Nutzung von Kreislauf zur Schmutzabscheidung und Fettrückgewinnung mit dem Eindampfen des Abwassers und dem integrierten Verbrennen des anfallenden Schlammes bei voller Rückgewinnung von Wasser und Energie für: 1) neue Anlagen, 2) bestehende Anlagen ohne Abwasseraufbereitung vor Ort und 3) Anlagen, in denen veraltete Abwasserbehandlungsanlagen ersetzt werden sollen. Dieses Verfahren wird in Abschnitt 4.4.2 beschrieben.
- Einsatz einer Fällungs-/Flockungsbehandlung in bestehenden Betrieben in Verbindung mit der Indirekteinleitung zu einer aeroben Belebtschlammmanlage.

Ob die biologische Behandlung als BVT gelten kann oder nicht, bleibt offen, bis mehr Informationen über die Kosten und die Leistungsfähigkeit vorliegen.

Schlammensorgung

Schlamm aus der Behandlung von Abwässern aus der Wollwäscherei

BVT ist:

- Verwendung des Schlammes bei der Ziegelherstellung (siehe 4.10.12) oder Nutzung anderer geeigneter Recyclingmöglichkeiten
- Verbrennung des Schlammes mit Wärmerückgewinnung unter der Voraussetzung, dass entsprechende Maßnahmen zur Begrenzung der SO_x-, NO_x-, und Staubemissionen und zur Vermeidung des Entweichens von Dioxinen und Furanen getroffen werden, die aus dem organisch gebundenen Chlor der potenziell im Schlamm enthaltenen Pestizide freigesetzt werden können.

ABSCHLIEßENDE BEMERKUNGEN

Die wichtigsten allgemeinen Schlussfolgerungen lauten wie folgt:

- Der Informationsaustausch war erfolgreich, und nach der zweiten Zusammenkunft der TWG wurde ein hohes Maß an Übereinstimmung erzielt.
- Aufgrund des besonderen Charakters der Textilindustrie (eines sehr komplexen und sehr breit gefächerten Sektors) hängen die Auswirkungen der Einführung der genannten BVT von den Besonderheiten jedes Einzelbetriebes ab. Wie rasch die Umsetzung erfolgt, ist daher für diese Branche eine besonders sensible Frage.
- In Anbetracht der gegenwärtigen Schwierigkeiten, die einige Unternehmen hinsichtlich der Kontrolle und Auswahl der Herkunft ihrer Rohfasern haben, wurde festgestellt, dass ein System benötigt wird, das die entsprechende Qualität der eingehenden Rohware absichert, um einen entsprechenden Antrag auf eine IVU-Genehmigung stellen zu können. Als BVT gelten daher Bemühungen zur Zusammenarbeit mit den vorgeschalteten Partnern in der textilen Kette, und zwar nicht nur auf standortspezifischer Ebene, sondern auch auf Branchenebene, um auf diese Weise eine Kette der Umweltverantwortung für Textilien aufzubauen.

Die wichtigsten Empfehlungen für die künftige Arbeit lauten:

- Notwendig wäre eine systematischere Erhebung von Daten zu den derzeitigen Verbrauchs- und Emissionswerten und zur Leistungsfähigkeit der Verfahren, die bei der Festlegung der BVT insbesondere für den Abwasserbereich in Betracht zu ziehen sind.
- Eine eingehendere Beurteilung der mit den einzelnen Verfahren verbundenen Kosten und Einsparungen wäre als weiteres Kriterium bei der Festlegung der BVT hilfreich.
- Erhebung von Informationen über die Bereiche, auf die das BVT-Merkblatt Referenzdokument mangels Angaben nicht genügend eingeht. Nähere Einzelheiten zu speziellen Bereichen, in denen es an Daten und Informationen mangelt, sind Kapitel 7 zu entnehmen.

Die Europäische Kommission initiiert und fördert über ihre FTE-Programme eine Reihe von Projekten, die sich mit sauberen Technologien, neuen Abwasserbehandlungs- und Abwasserwiederaufbereitungstechnologien und entsprechenden Managementkonzepten befassen. Diese Projekte könnten einen nützlichen Beitrag zu künftigen BVT-Überprüfungen leisten. Die Leser werden daher aufgefordert, dem EIPPCB alle Forschungsergebnisse mitzuteilen, die den Geltungsbereich dieses Dokuments betreffen (siehe auch Vorwort zu diesem Dokument).