

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 94 329
UBA-FB 000325



Beste verfügbare Techniken in Anlagen der Textilindustrie

von

Dr. Harald Schönberger

Gottenheim

Dr. Thomas Schäfer

EnviroTex GmbH, Augsburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

Vorauszahlung von 10,00 €

durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 2.5
Dr. Horst Fischer

Berlin, März 2003

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 000325	2.	3.
4. Titel des Berichts Beste verfügbare Techniken in Anlagen der Textilindustrie		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Schönberger, Harald; Schäfer, Thomas	8. Abschlußdatum 12.06.2002	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Schönberger, Harald; Carl-Frey-Str. 3, D-79288 Gottenheim EnviroTex GmbH; Provinostr. 52, D-86153 Augsburg	9. Veröffentlichungsdatum 20.08.2002	
	10. UFOPLAN-Nr. 2000 94 329	
	11. Seitenzahl 362	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	12. Literaturangaben 281	
	13. Tabellen und Diagramme 149	
	14. Abbildungen 116	
15. Zusätzliche Angaben		
<p>16. Kurzfassung</p> <p>Der vorliegende Bericht ist der deutsche Beitrag für das Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry –kurz BREF Textiles Industry genannt-, das im Rahmen des Informationsaustausches nach Artikel 16.2 der IVU-Richtlinie vom European IPPC Bureau (siehe http://eippcb.jrc.es) erstellt wird.</p> <p>Für die Erarbeitung des vorliegenden Beitrages wurde das deutsche Know-how auf diesem Gebiet so weit wie möglich erfasst und dokumentiert. Dazu wurden alle wesentlichen Akteure (Textilindustrie, textile Forschungs-, institute, Textilmaschinenbau, Farbmittel- und Textilhilfsmittelhersteller, Hersteller von Mess- und Regeltechnik, Hersteller von Umwelttechnologie, Verbände und Behörden) angesprochen und einbezogen.</p> <p>Die Struktur des deutschen Berichtes entspricht den Vorgaben für das BREF Textiles Industry. Danach besteht es aus folgenden Kapiteln:</p> <p>Kapitel 1: Allgemeine Informationen</p> <p>Kapitel 2: Angewandte Produktionsverfahren und Techniken</p> <p>Kapitel 3: Gegenwärtige Emissions- und Verbrauchsniveaus (Input/Output)</p> <p>Kapitel 4: Beschreibung von Techniken, die bei der Bestimmung der Besten Verfügbaren Techniken zu berücksichtigen sind</p> <p>Kapitel 5: Definition der Besten Verfügbaren Techniken</p> <p>Kapitel 6: Neue, in der Entwicklung befindliche Techniken</p> <p>Von den 53 in Kapitel 4 beschriebenen Techniken sind 46 im Kapitel 5 nach einem dargelegten Ansatz als BVT definiert.</p>		
<p>17. Schlagwörter</p> <p>Textilindustrie, Textilveredlung, textile Kette, Abwasser, Abluft, Abfall, Energieverbrauch</p> <p>Beste verfügbare Techniken, integrierter Umweltschutz, IVU-Richtlinie, Informationsaustausch, Angewandte Prozesse und Verfahren, Emissions- und Verbrauchswerte, zukunftsweisende Technologien</p> <p>Best available techniques reference document, BREF</p>		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB-000325	2.	3.
4. Report Title Best Available Techniques in Textile Industry		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Schönberger, Harald; Schäfer, Thomas	8. Report Date 12.06.2002	
6. Performing Organisation (Name, Address) Schönberger, Harald; Carl-Frey-Str. 3, D-79288 Gottenheim EnviroTex GmbH; Provinostr. 52, D-86153 Augsburg	9. Publication Date 20.08.2002	
	10. UFOPLAN-Ref. No. 2000 94 329	
	11. No. of Pages 362	
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	12. No. of Reference 281	
	13. No. of Tables, Diagrams 149	
	14. No. of Figures 116	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract <p>This report is the German contribution to the Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry (BREF Textiles Industry) which is the final product of the exchange of information on BAT according to Article 16.2 IPPC-Directive. These BREFs are drafted by the European IPPC Bureau (see http://eippcb.jrc.es).</p> <p>For preparing this report, the concerned available knowledge in Germany in this field has been collected and documented as far as possible. To this purpose, all relevant experts from textile industries, textile research institutes, suppliers of textile machinery, suppliers of dyestuffs and textile auxiliaries, suppliers of measurement and control equipment, suppliers of environmental technology, associations and authorities) have been contacted and involved.</p> <p>The structure of this report concerns the instructions given for the BREF Textiles Industry. Accordingly it has following chapters:</p> <p>Chapter 1: General information Chapter 2: Applied processes and techniques Chapter 3: Present emission and consumption level Chapter 4: Techniques to consider in the determination of BAT Chapter 5: Best available techniques Chapter 6: Emerging techniques</p> <p>Out of 53 techniques described in chapter 4, according to the laid down approach, in chapter 5, 46 techniques have been selected and identified to be BAT.</p>		
17. Keywords Textile industry, textile finishing, textile chain, wastewater, waste gas, solid waste, energy consumption, best available techniques, integrated pollution prevention and control, IPPC Directive, information exchange, applied processes and techniques, emission and consumption levels, emerging techniques Best available techniques reference document, BREF		
18. Price	19.	20.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINE INFORMATIONEN	9
1.1	Textilproduktion in Deutschland.....	9
1.2	Anzahl der Textilveredlungsbetriebe in Deutschland und ihre Verteilung auf die Bundesländer.....	11
1.3	Beschäftigte und Investitionen in der deutschen Textilveredlungsindustrie	11
1.4	Wirtschaftliche Situation.....	12
1.5	Umweltrelevanz der Textilveredlungsindustrie	14
1.6	Literatur.....	19
2	ANGEWANDTE PROZESSE UND VERFAHREN	20
2.1	Überblick	20
2.1.1	Faserherstellung	23
2.1.1.1	Synthetische Fasern.....	24
2.1.2	Herstellung von Spinnfasergarnen.....	24
2.1.3	Herstellung von Flächengebilden.....	25
2.1.3.1	Weben	25
2.1.3.2	Stricken, Wirken.....	26
2.1.3.3	Vliesstoffe/Nonwovens	26
2.1.3.4	Tufting.....	27
2.1.3.5	Flechten.....	27
2.1.4	Textilveredlung (Überblick)	27
2.1.5	Konfektion.....	28
2.2	Input-Materialien.....	28
2.2.1	Textile Rohmaterialien.....	28
2.2.1.1	Baumwolle	29
2.2.1.2	Wolle	29
2.2.1.3	Synthetische Fasern.....	29
2.2.2	Textilhilfsmittel und Chemikalien.....	32
2.2.3	Farbstoffe	41
2.2.3.1	Klassifizierung der Farbstoffe.....	41
2.2.3.2	Farbstoffspezifische ökologische Frachten.....	41
2.3	Verfahren in der Textilveredlung.....	43
2.3.1	Überblick.....	43
2.3.2	Vorbehandlung.....	43
2.3.2.1	Mechanische Verfahren in der Vorbehandlung	45
2.3.2.2	Thermische Behandlungen in der Vorbehandlung.....	45
2.3.2.2.1	Thermofixierung	45
2.3.2.2.2	Sengen.....	46
2.3.2.3	Wässrige Prozesse in der Vorbehandlung.....	46
2.3.2.4	Entschlichten.....	46
2.3.2.5	Alkalisches Abkochen.....	47
2.3.2.6	Bleichen.....	47
2.3.2.7	Mercerisieren.....	48

2.3.2.8	Laugieren.....	48
2.3.2.9	Optisches Aufhellen.....	48
2.3.2.10	Waschen (synthetische Flächengebilde).....	49
2.3.2.11	Rohwollwäsche.....	49
2.3.2.12	Carbonisieren.....	49
2.3.2.13	Crabben.....	49
2.3.2.14	Walken.....	49
2.3.2.15	Filzfreiausrüstung.....	49
2.3.2.16	Chemische Reinigung.....	50
2.3.3	Färben.....	50
2.3.4	Textildruck.....	51
2.3.5	Ausrüsten.....	53
2.3.5.1	Mechanische Verfahren.....	54
2.3.5.2	Thermische Verfahren.....	54
2.3.5.2.1	Thermofixieren.....	54
2.3.5.2.2	Andere thermische Behandlungen.....	54
2.3.5.3	Chemische Verfahren.....	54
2.3.6	Beschichten und Laminieren.....	55
2.3.7	Überblick über die Applikationsverfahren in der Textilveredlung.....	57
2.3.7.1	Diskontinuierliche Verfahren (Ausziehverfahren).....	57
2.3.7.2	Imprägnierverfahren.....	58
2.3.8	Überblick über Trocknungsverfahren.....	59
2.3.8.1	Mechanisches Entwässern.....	59
2.3.8.2	Thermisches Trocknen.....	59
2.4	Literatur.....	59

3 GEGENWÄRTIGE EMISSIONS- UND VERBRAUCHSWERTE. 62

3.1	Flocke- und Garnveredlung	63
3.1.1	Standortbezogene Input- und Outputdaten.....	63
3.1.1.1	TVB, die überwiegend Flockematerial aus CV, PES, PAC und/oder CO veredeln.....	63
3.1.1.2	TVB, die überwiegend Baumwollgarn veredeln.....	65
3.1.1.3	TVB, die hauptsächlich Polyestergarn veredeln.....	68
3.1.1.4	TVB, die hauptsächlich Garn aus WO, PAC und/oder CV veredeln	70
3.1.2	Prozessspezifische Input-/Outputdaten für Garnveredler	72
3.1.3	Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen.....	74
3.2	Veredlung von Maschenware	76
3.2.1	Standortbezogene Input-/Output-Daten.....	76
3.2.1.1	TVB, die hauptsächlich Baumwoll-Maschenware veredeln.....	76
3.2.1.2	TVB mit relevanter Druckereiabteilung, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Baumwolle besteht	77
3.2.1.3	TVB, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Synthefasern besteht	80
3.2.1.4	TVB, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Wolle besteht	81
3.2.2	Prozessspezifische Input-/Output-Daten für Maschenware-Veredler.....	84
3.2.2.1	Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware	84
3.2.2.1.1	Kontinuierliche Vorbehandlung von Baumwollmaschinenware	84
3.2.2.1.2	Diskontinuierliche Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware.....	86
3.2.2.2	Vorbehandlung von Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht	87

3.2.2.3	Auszieh färben von Maschenware	87
3.2.2.3.1	Auszieh färben von Baumwoll-Maschenware	87
3.2.2.3.2	Auszieh färben von Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht	90
3.2.2.4	Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen.....	91
3.3	Veredlung von Gewebe	93
3.3.1	Standortbezogene Input-/Output-Daten.....	93
3.3.1.1	TVB, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Baumwolle oder Viscose besteht	93
3.3.1.2	TVB mit einer relevanten Druckereiabteilung, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Baumwolle oder Viscose besteht.....	99
3.3.1.3	TVB, die Gewebe veredeln, dass hauptsächlich aus Wolle besteht	101
3.3.1.4	TVB, die Polyamid-Gewebe veredeln	101
3.3.2	Verfahrensbezogene Input-/Output-Daten für Gewebeveredler.....	103
3.3.2.1	Kontinuierliche Vorbehandlung von Gewebe	103
3.3.2.1.1	Vorbehandlung von Gewebe aus cellulosischen Fasern.....	103
3.3.2.1.2	Vorbehandlung von Gewebe aus Synthefasern.....	106
3.3.2.1.3	Vorbehandlung von Woll-Gewebe	106
3.3.2.2	Kontinuierliches und semi-kontinuierliches Färben.....	106
3.3.2.3	Rotationsfilmdruck.....	108
3.3.2.4	Ausrüsten von cellulosischen Fasern.....	110
3.3.2.5	Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen.....	111
3.4	Teppichveredlung	114
3.4.1	Standortbezogene Input-/Output-Daten.....	114
3.4.2	Verfahrensbezogene Input-/Out-Daten für Teppichveredler	114
3.5	Abluftemissionen.....	116
3.5.1	Wichtigste Abluftquellen in der Textilveredlung	116
3.5.2	Textile Rohware.....	116
3.5.3	Typische Substanzen in der Abluft	117
3.5.4	Ausrüstung von Flächengebilden (Wirk-, Strick- und Webware)	120
3.5.4.1	Verbrauch an Chemikalien und Textilhilfsmitteln in der Ausrüstung.....	120
3.5.4.1.1	Typische Rezepturen in der Ausrüstung.....	120
3.5.4.2	Abluftemissionen.....	125
3.5.4.2.1	Typische substanzspezifische Emissionsfaktoren von Textilhilfsmitteln.....	125
3.5.4.2.2	Gefasste Abluftemission.....	132
3.5.4.2.3	Typische Abgasvolumenströme, Abgastemperaturen und Luft/Warenverhältnisse.....	132
3.5.4.2.4	Typische Emissionsdaten Massenkonzentrationen und Emissionsfaktoren)..	135
3.5.4.2.2.3	Emissionen bei direkt beheizten Spannrahmen.....	139
3.5.5	Verschleppungen von Emissionen aus vorangegangenen Prozessen in Trocknungs- und Fixierprozesse.....	139
3.5.5.1	Emissionpotenzial von Carrier-gefärbten Waren.....	139
3.5.5.2	Das Emissionspotenzial von chemisch-gereinigter Ware.....	141
3.5.6	Sengen.....	142
3.5.7	Textildruck.....	144
3.5.8	Beschichten.....	145
3.5.8.1	Beschichtungsmittel und Textilhilfsmittel.....	145
3.5.8.2	Abluftemissionen.....	147
3.5.9	Energieerzeugung (Kesselhäuser).....	150
3.5.10	Geruchsbelästigungen in der Textilindustrie	152
3.5.11	Charakteristische betriebliche Abluftemissionen.....	153

3.5.11.1	Beispiel 1	154
3.5.11.2	Beispiel 2	154
3.5.11.3	Beispiel 3	155
3.5.11.4	Beispiel 4	155
3.5.11.5	Abluftemissionen entlang einer typischen Prozesssequenz in der Textilveredlung	156
3.6	Abfall	157
3.7	Literatur.....	158
4	<u>TECHNIKEN FÜR DIE BESTIMMUNG VON BAT.....</u>	<u>161</u>
4.1	Managementmethoden.....	161
4.1.1	Managementwerkzeuge und organisatorische Maßnahmen.....	161
4.1.2	Erfassung der Input/Output-Massenströme und Darstellung in einem Kataster	164
4.1.3	Automatisierte Zubereitung von Veredlungsflotten.....	168
4.1.4	Minimierung des Wasserverbrauchs für verschiedene Arten von Textilveredlungsbetrieben und für kontinuierliche Breit-Waschprozesse.....	171
4.1.5	Rationeller Energieeinsatz.....	174
4.1.6	Managementmethode zur Minimierung von Geruchsbelästigungen.....	177
4.2	Textilveredlung.....	180
4.2.1	Prozess- und produktionsintegrierte Techniken.....	180
4.2.1.1	Einsatzstoffe.....	180
4.2.1.1.1	Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässerrelevanz.....	180
4.2.1.1.2	Emissionsfaktorenkonzept.....	185
4.2.1.1.3	Emissionsarme (thermostabile) Präparationsmittel.....	188
4.2.1.1.4	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichtemitteln.....	192
4.2.1.1.5	Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch Auswahl effektiverer Produkte	194
4.2.1.1.6	Minimierung der Schlichteaufgabe durch das Vornetzen der Kettgarne.....	196
4.2.1.1.7	Umweltfreundliche Tenside.....	198
4.2.1.1.8	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplexbildnern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse.....	201
4.2.1.1.9	Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination.....	205
4.2.1.1.10	Entschäumer.....	208
4.2.1.1.11	Katalysatoren für Polyesterfasern.....	210
4.2.1.1.12	Kompaktspinnen.....	212
4.2.1.2	Textile Vorbehandlung.....	214
4.2.1.2.1	Substitution von Hypochlorit zum Bleichen.....	214
4.2.1.2.2	Rückgewinnung von Schlichtemitteln mittels Ultrafiltration.....	216
4.2.1.2.3	Natronlauge-Rückgewinnung aus der Mercerisation.....	221
4.2.1.2.4	Enzymatisches Abkochen.....	224
4.2.1.2.5	Enzymatisches Entfernen von Restwasserstoffperoxid nach dem Bleichen..	226
4.2.1.2.6	Optimierung der Vorbehandlung von Baumwoll-Kettgarn.....	228
4.2.1.3	Färben.....	231
4.2.1.3.1	Auszieh färben mit Airflow-Färbemaschinen.....	231
4.2.1.3.2	Minimierung der Farbflottenverluste beim KKV-Färben.....	235
4.2.1.3.3	Silikatfreies KKV-Verfahren.....	238
4.2.1.3.4	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit polyfunktionellen Reaktivfarbstoffen.....	241

4.2.1.3.5	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen.	244
4.2.1.3.6	Enzymatisches Seifen von reaktiv gefärbtem Substrat.....	247
4.2.1.3.7	Auszieh färben von Polyester und Polyester-Mischungen ohne Carrier oder mit ökologisch optimierten Carriern.....	249
4.2.1.3.8	Umweltfreundlichere reduktive Nachbehandlung von Polyester-Färbungen.	252
4.2.1.3.9	Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle (alle Aufmachungsarten).....	254
4.2.1.3.10	Färben von Flockmaterial aus Wolle auf stehendem Bad	258
4.2.1.3.11	Färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle - Minimierung der Abwasseremissionen.....	260
4.2.1.3.12	Umweltfreundlicheres Färben mit Schwefelfarbstoffen.....	262
4.2.1.3.13	Einstufige, kontinuierliche Küpenfärbung in Pastell- und hellen Farbschattierungen.....	264
4.2.1.4	Drucken.....	266
4.2.1.4.1	Substitution von Harnstoff in Reaktivdruckpasten.....	266
4.2.1.4.2	Emissionsarmer Pigmentdruck	269
4.2.1.4.3	Minimierung des Volumens des Zuführungssystems beim Rotationsfilmdruck.....	271
4.2.1.4.4	Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem beim Rotationsfilmdruck.....	273
4.2.1.4.5	Recycling von Restdruckpasten.....	276
4.2.1.4.6	Zwei-Phasen Reaktivdruck	279
4.2.1.5	Ausrüstung.....	281
4.2.1.5.1	Spannrahmen mit optimiertem Energieverbrauch.....	281
4.2.1.5.2	Formaldehydarme Pflegeleichtausrüstung.....	287
4.2.2	End-of-pipe-Technologien.....	290
4.2.2.1	Abluft	290
4.2.2.1.1	Abluftreinigungstechnologien.....	290
4.2.2.2	Abwasser.....	293
4.2.2.2.1	Behandlung von Textilabwasser in Belebtschlammanlagen mit niedriger Schlammbelastung (B_{TS}).....	293
4.2.2.2.2	Behandlung von Mischabwasser mit Abwasserrecycling (Recyclingrate: ca. 60 %).....	303
4.2.2.2.3	Behandlung von ausgewählten und abgetrennten Abwasserteilströmen mittels Membrantechnik mit Recycling.....	310
4.2.2.2.4	Behandlung und Recycling von Abwasser, das mit farbpigmenthaltigen Pasten und Stoffen aus der wässrigen Reinigung von Spannrahmenabgas belastet ist.....	313
4.2.2.2.5	Anaerobe Entfärbung von Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten.....	316
4.2.2.2.6	Behandlung ausgewählter, abgetrennter und biologisch nicht abbaubarer Abwasserteilströme mittels chemischer Oxidation.....	319
4.2.2.2.7	Abwasserbehandlung mittels Fällung/Flockung und Verbrennung des Schlammes	321

5 BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN (BVT).....323

5.1	Einleitung	323
5.2	BVT für die Textilindustrie	326
5.2.1	Bestes Umweltmanagement	326
5.2.2	BVT für die Auswahl der Einsatzstoffe.....	326

5.2.2	BVT für die Veredlung von Flockmaterial und Garn.....	326
5.2.3	BVT für Textilveredlungsbetriebe, die Maschenware veredeln.....	327
5.2.4	BVT für Textilveredlungsbetriebe, die Gewebe veredeln.....	328

6 ZUKUNFTSWEISENDE TECHNOLOGIEN330

6.1	Einführung.....	330
6.2	Neue Veredlungstechnologien.....	331
6.2.1	Enzymkatalysierte Veredlungsprozesse.....	331
6.2.2	Plasmatechnologie	334
6.2.3	Elektronenstrahlhärtung.....	338
6.2.4	Überkritisches Kohlendioxid	339
6.2.5	Ultraschallbehandlung.....	341
6.2.6	Textildruck.....	341
6.2.6.1	Ink-Jet-Druck	341
6.2.7	Elektrochemisches Färben.....	345
6.3	Alternative Textilhilfsmittel.....	347
6.4	Biopolymere – Chitosan.....	347
6.5	Prozesskontrolle	349
6.5.1	Fuzzy-Logik.....	349
6.5.2	Online-Messung- und Regelung	349
6.6	Abwasseraufbereitung	351
6.7	Managementmethoden.....	352

ANHANG I.....353

ANHANG II.....362

GLOSSAR.....376

1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN

1.1 Textilproduktion in Deutschland

Die Textilindustrie spielte über mehrere Jahrtausende eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der menschlichen Zivilisation. Kohle, Eisen/Stahl und Baumwolle waren die wesentlichen Materialien, auf der die industrielle Revolution basierte. Die technischen Entwicklungen im zweiten Teil des 19. Jahrhunderts führten zu einem exponentiellen Wachstum der Baumwollherstellung und -verarbeitung. Zunächst fand dies in Großbritannien, später auch in anderen Europäischen Ländern wie Deutschland statt. Die Herstellung von synthetischen Fasern begann Anfang des 20. Jahrhunderts und verlief ebenfalls exponentiell. Diese Entwicklungen sind in Abbildung 1.1 dargestellt.

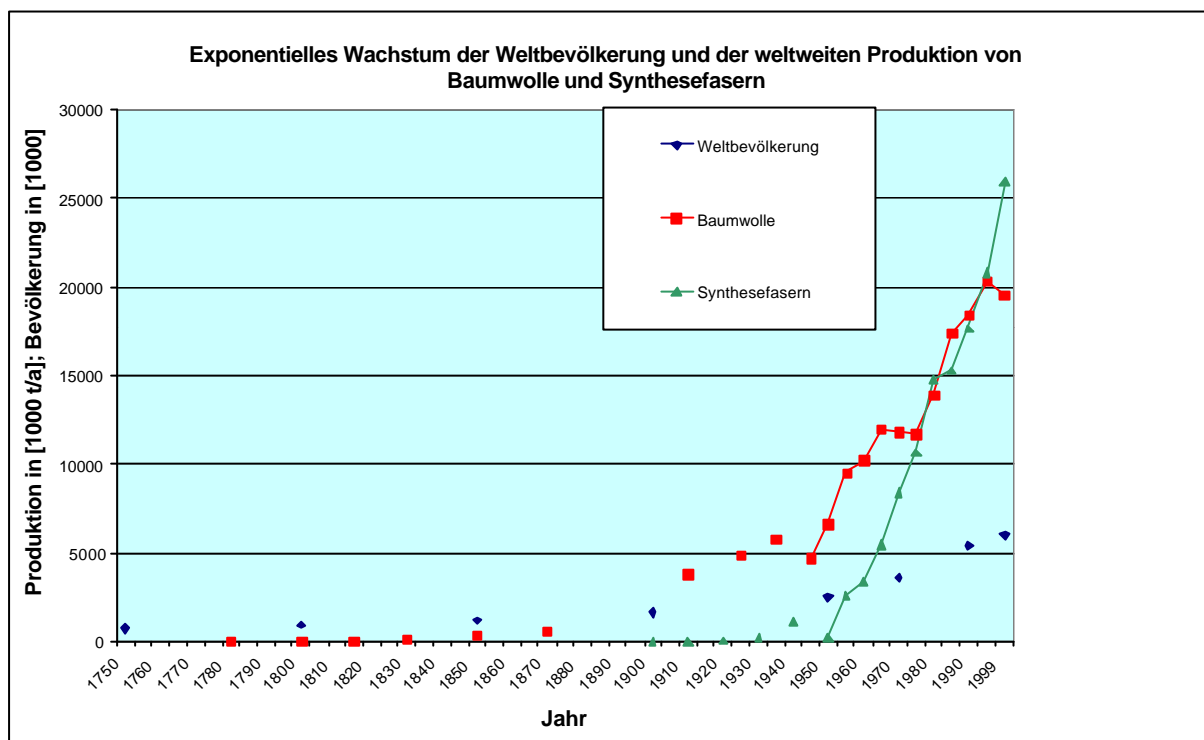


Abbildung 1.1: Weltweites Wachstum der Herstellung von Baumwolle und synthetischen Fasern sowie der Bevölkerung seit 1950 – [Schönberger, 1998]

In jüngster Zeit stagniert die Herstellung von Baumwolle. Mittlerweile ist die Produktionsmenge für synthetische Fasern größer als die für Baumwolle.

In Deutschland hat die Marktkonkurrenz stark zugenommen. Als Folge davon hat Deutschland in den letzten zehn Jahren ein Drittel der Textilproduktion eingebüßt (Abbildung 1.2). Abbildung 1.2 zeigt auch, dass die Veredlung von Gewebe den höchsten Anteil an der Gesamtproduktion hat, gefolgt von der Veredlung von Garn, Maschenware und Textildruck. Es bestehen Zweifel an der angegebenen Produktion für die Jahre 1995 - 1998 in Höhe von 450000 – 525000 t/a, da eine kürzlich erschienene Studie andere Zahlen aufweist [FhG-ISI, 1997]. Obwohl im Rahmen dieser Studie 128 Textilveredlungsbetriebe, darunter alle großen, befragt wurden, konnte mit den Angaben nur 35% der vorgeannten Produktionsmenge erklärt werden. Ein Teil der Differenz kann möglicherweise dadurch erklärt werden, ob die Herstellung von Teppichböden berücksichtigt wird oder nicht.

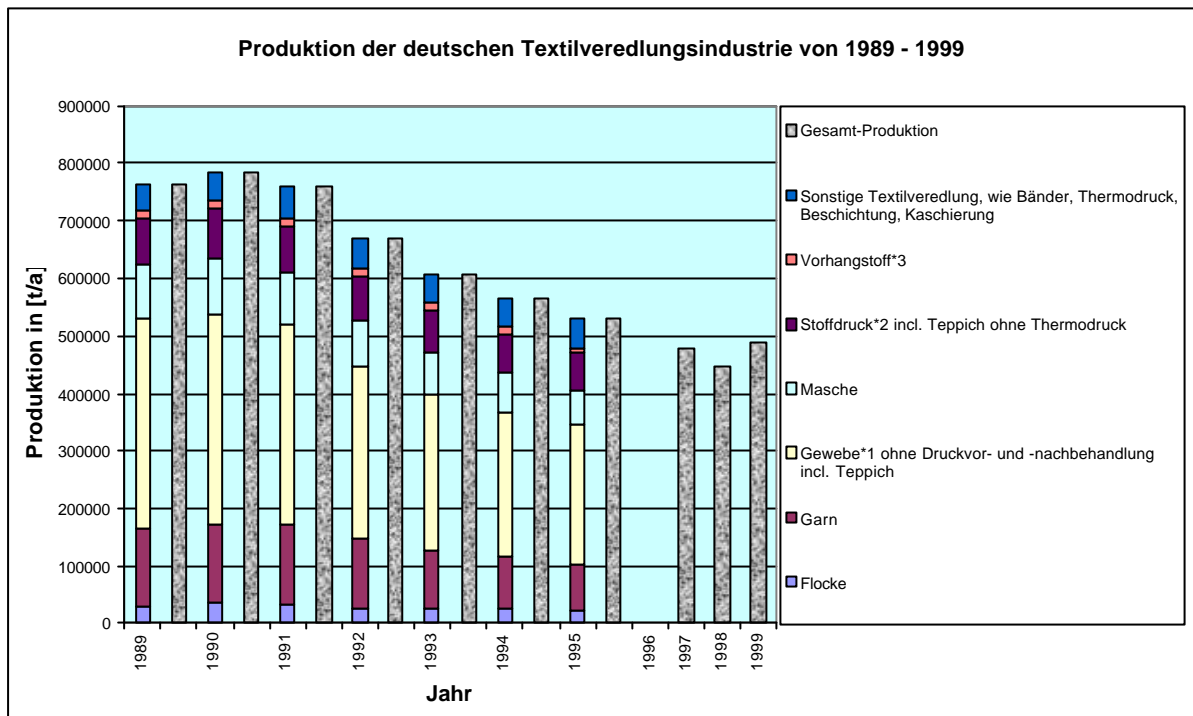


Abbildung 1.2: Produktion der deutschen Textilveredlungsindustrie von 1989 – 1998 – [TVI-Verband, 1989-1999]; für die Jahre 1997-1999 liegen nur Angaben für die Gesamtproduktion vor
 *¹ berechnet mit 200 g/m²; *² berechnet mit 155 g/m²; *³ berechnet mit 90 g/m²

Die Mengen in den verschiedenen Sektoren für die wichtigsten Textilsubstrate (Faserarten), die in Deutschland 1999 verarbeitet wurden zeigt Abbildung 1.3. Dabei ist die jährliche Menge für alle Textilsubstrate (790.000 t/1999) höher als die in Abbildung 1.2 angegebenen Mengen, weil technische Textilien auch berücksichtigt sind (die Summe der Substrate für Bekleidung und Heimtextilien entspricht den Angaben in Abbildung 1.2).

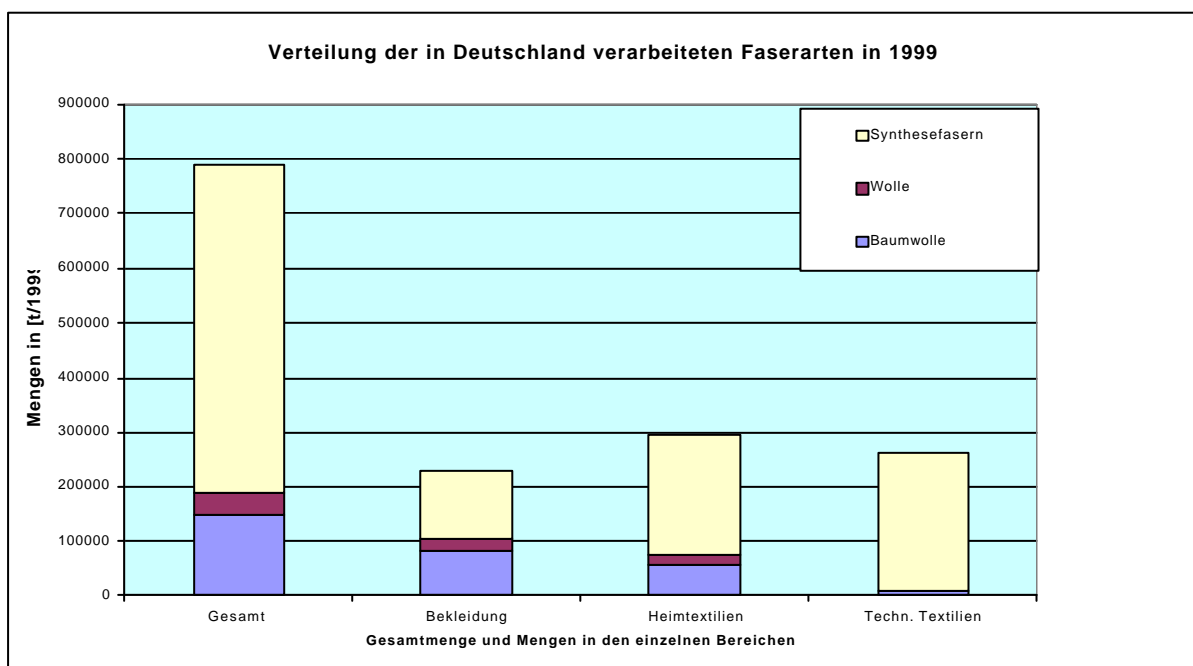


Abbildung 1.3: Mengen der in Deutschland 1999 verarbeiteten Textilsubstrate - insgesamt und in den wichtigsten Sektoren - [IVC, 1999]

Nach Abbildung 1.3 dominieren die synthetischen Fasern (einschließlich Stapel- und Filamentfasern aus Viskose) die Art der verarbeiteten Textilsubstrate. Sogar für den Bekleidungsanteil beträgt der Anteil an Synthefasern um 50%, während ihre herausragende Rolle bei den technischen Textilien weniger überrascht.

1.2 Anzahl der Textilveredlungsbetriebe in Deutschland und ihre Verteilung auf die Bundesländer

1999 existierten in Deutschland 1230 Textilbetriebe. Diese Zahl umfasst Spinnereien, Webereien, Fertigung von Textilien (ohne Konfektion), Teppichhersteller, Vlieshersteller, Maschenwarehersteller, Hersteller von Pullovern und Strickjacken, Sockenhersteller und Textilveredlungsbetriebe (TVB). In diesem Dokument werden Informationen vor allem für letztere präsentiert. Nach der Statistik der entsprechenden deutschen Textilindustrieverbände gibt es in Deutschland 155 TVB [TVI-Verband, 1999; Gesamttextil, 2000]. Dies ist etwa die Hälfte der Betriebe, die 1970 bestanden (296 TVB). Diese Zahl beinhaltet jedoch nur modeorientierte TVB, die zugleich Mitglied im TVI-Verband sind. Folgende TVB-Arten sind nicht berücksichtigt: Teppichhersteller, TVB, die Filz veredeln, Fahnendruckereien, Garnveredler, TVB, die technische Textilien veredeln und solche, die Bänder veredeln. Außerdem berücksichtigt die Verbandsstatistik keine TVB mit weniger als 20 Beschäftigten. Eine kürzlich durchgeführte und veröffentlichte Erhebung zeigt, dass in Deutschland rund 400 TVB ansässig sind. Dabei wurden alle Arten an TVB berücksichtigt. Abbildung 1.4 zeigt, dass sich etwa drei Viertel der Betriebe in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern befinden. Zudem befindet sich eine relevante Anzahl an TVB auch in den Bundesländern Hessen, Sachsen und Niedersachsen.

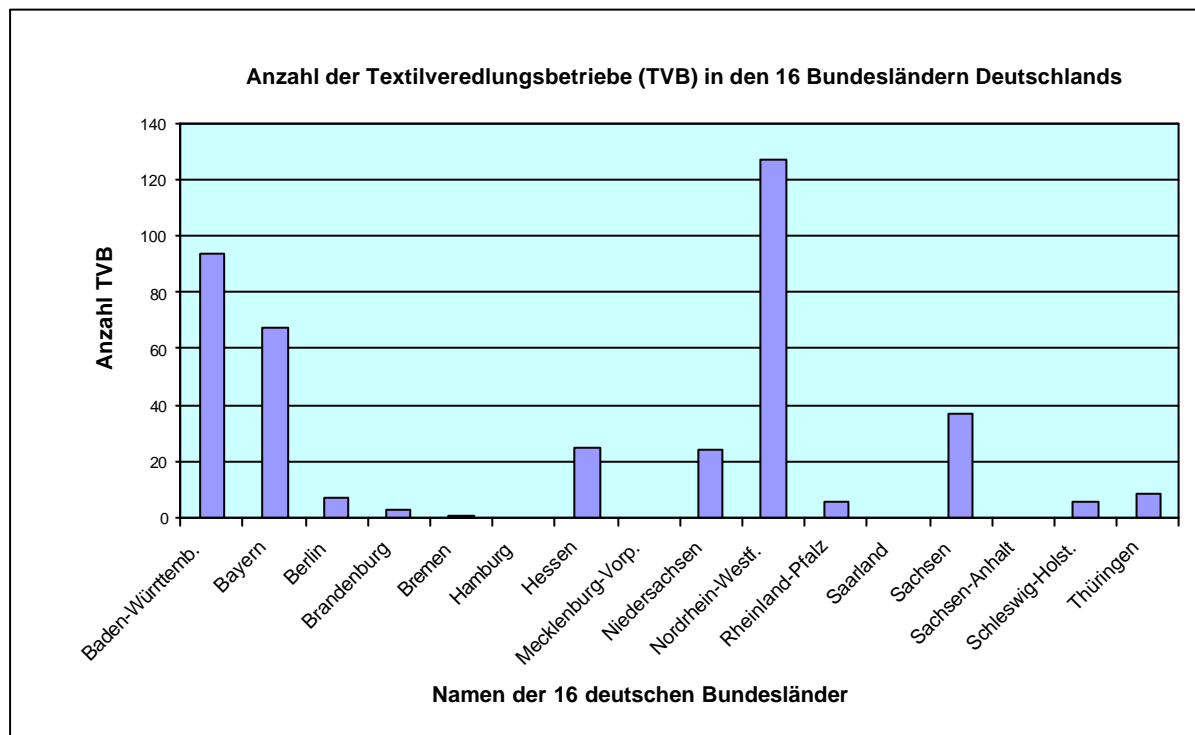


Abbildung 1.4: Anzahl der Textilveredlungsbetriebe in den deutschen Bundesländern im Jahre 2000 - [Schönberger, 2001]

1.3 Beschäftigte und Investitionen in der deutschen Textilveredlungsindustrie

Der drastische Rückgang der Produktion in den vergangenen zehn Jahren spiegelt sich auch in einem Rückgang der Beschäftigten wider. Zudem führte die erhöhte Produktivität zu einem Rückgang der Beschäftigten. Abbildung 1.5 zeigt, dass die Anzahl der Beschäftigten in der gesamten deutschen

Textilindustrie und in der Textilveredlungsindustrie von 1980 - 1998 um nahezu den Faktor 3 zurückgegangen ist; von 304000 auf 129000 Beschäftigte bzw. von 45700 auf 16000 Beschäftigte.

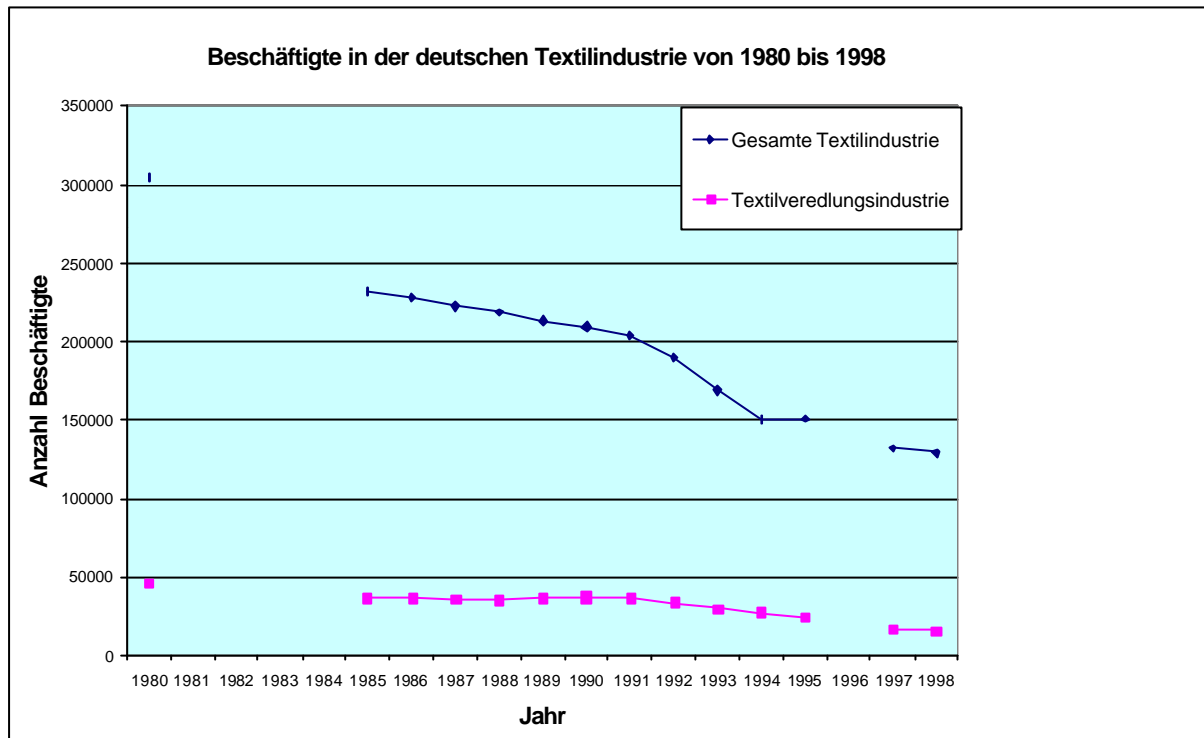


Abbildung 1.5: Entwicklung der Anzahl an Beschäftigten in der deutschen Textilindustrie von 1980 - 1998 – [TVI-Verband, 1986-1999]

Die Investitionen sind auch zurückgegangen, jedoch in einem deutlich geringeren Umfang. 1990, dem letzten Jahr mit einem starken Wachstum in der Branche, wurden 165 Millionen EUR (vor allem in Maschinen) investiert, was einem 8,5%igen Anteil vom Umsatz entspricht. 1998 wurden um 80 Millionen EUR investiert, was einem Anteil am Umsatz von 4,7% entspricht.

1.4 Wirtschaftliche Situation

Die Marktsituation ist gekennzeichnet durch scharfen Wettbewerb und Billigimporten vor allem aus Asien. Als Konsequenz hat die deutsche Textilindustrie deutlich an Marktanteilen verloren und einen starken Produktionsrückgang hinnehmen müssen (Abbildung 1.2). Diese Entwicklung schlägt sich auch in einem entsprechenden Rückgang des Umsatzes nieder. Die Zahlen sind allerdings wegen der Teuerungsraten nicht unmittelbar vergleichbar. 1980 betrug der Jahresumsatz der deutschen Textilveredlungsindustrie 1660 Millionen EUR und 1998 1680 Millionen EUR (Abbildung 1.6). Diese Angaben berücksichtigen nicht den Materialwert der Textilien.

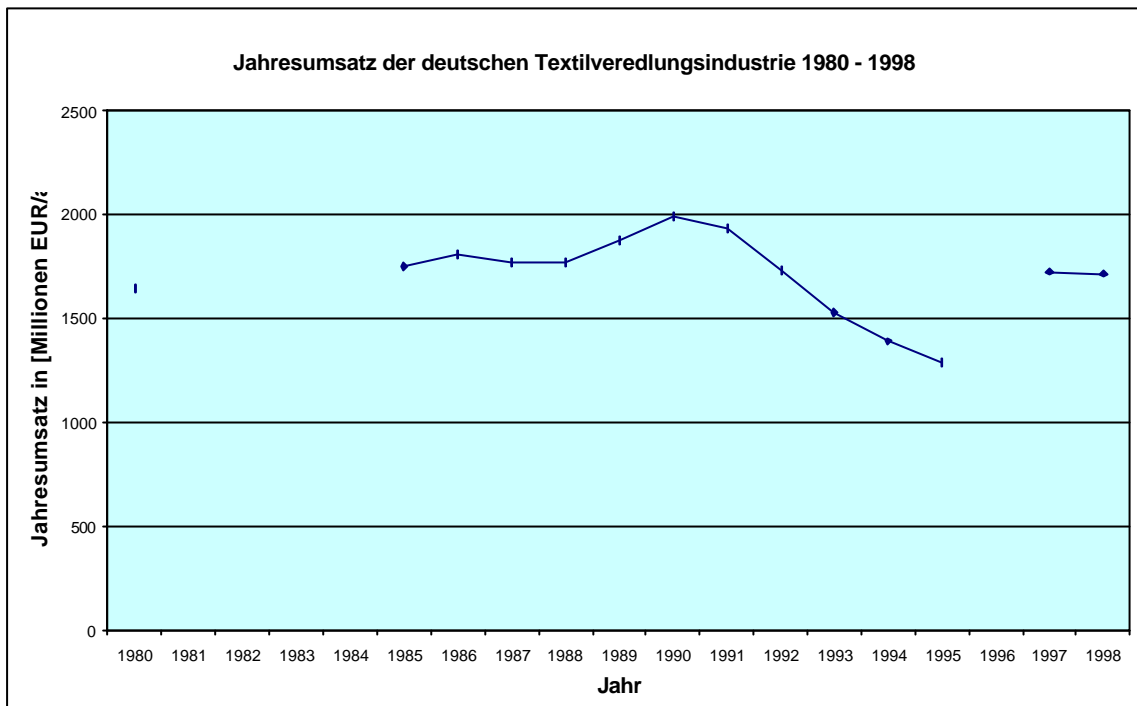


Abbildung 1.6: Entwicklung der Jahresumsätze der deutschen Textilveredlungsindustrie von 1980 - 1998 – [TVI-Verband, 1986-1999]; für die Jahre 1981-1994 und für 1996 liegen keine Daten vor; wegen der neuen Datenbasis sind die Angaben für 1997 und 1998 deutlich höher

Seit den 80iger Jahren stieg das Außenhandelsdefizit drastisch an und verdeutlicht ebenfalls das schwierige wirtschaftliche Umfeld (Abbildung 1.7). Viele Betriebe können mit Standard-Massenartikeln kaum konkurrieren. Deshalb sind viele Industrien gezwungen, sich auf Nischenprodukte und hochwertige Produkte zu konzentrieren.

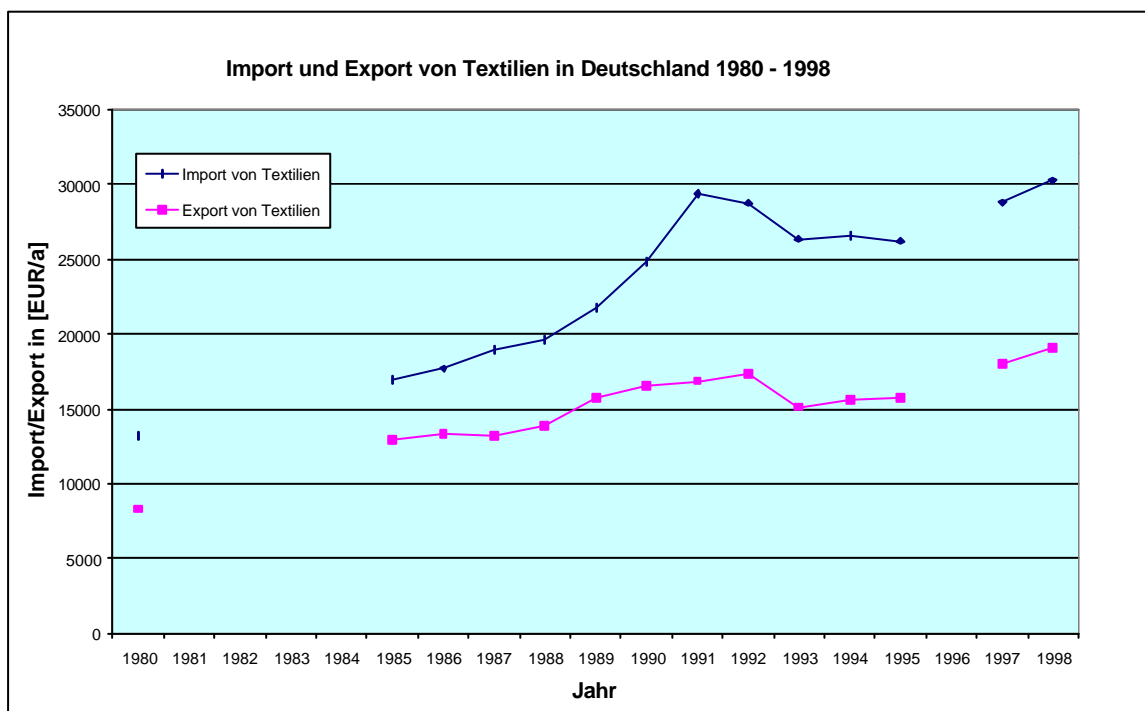


Abbildung 1.7: Entwicklung der Importe und Exporte von Textilien in Deutschland, die das drastisch ansteigende Außenhandelsdefizit verdeutlichen – [Gesamttextil, 2000; TVI-Verband, 1986-1999]; die Zahlen für die Jahre 1981-1984 und für 1996 sind nicht verfügbar

Bezüglich der Kostenstruktur schlugen die Materialkosten (insbesondere die Ausgaben für Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Basischemikalien) sowie die Personalkosten besonders ins Gewicht (Abbildung 1.8). Andere Kosten bestehen durch Dienstleistungen, durch externe Industrie- und Handwerksbetriebe, Energiekosten und Umweltkosten wie Abwassergebühren, Müllgebühren und Betriebskosten für die Vorbehandlung von Abwasser etc.. Der Anteil von 8% ist relevant, aber nicht sehr bedeutend.

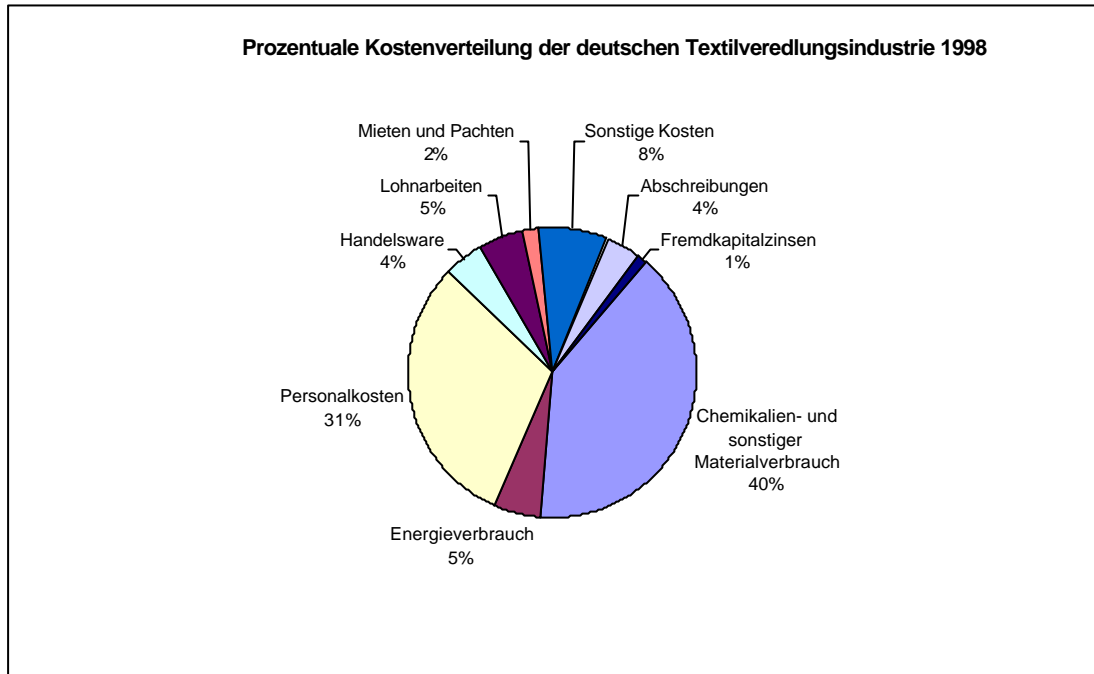


Abbildung 1.8: Kostenverteilung in deutschen Textilveredlungsbetrieben 1998 – [Gesamttextil, 2000]

Bemerkenswerterweise ist der Anteil für sonstige Kosten von 1990 mit 12% zurückgegangen und betrug 1998 nur noch 8%.

Im Hinblick auf zusätzliche Maßnahmen in Textilveredlungsbetrieben zur Vermeidung und Verminderung von Emissionen in Luft und Wasser werden die Umweltkosten intensiv diskutiert. Der bedeutendste Kostenfaktor in diesem Zusammenhang der für die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung. 1997 betrugen die Kosten dafür im Mittel 2,74% bezogen auf den Jahresumsatz mit einer großen Schwankungsbreite von 0,1-12,1% [TVI Enquete, 1997]. Dabei betrugen die absoluten Kosten für die Wasserversorgung im Schnitt 0,4 EUR/m³ (Schwankungsbreite: 0,01-2,30 EUR/m³) im Falle von betriebseigenen Versorgungssystemen (z.B. eigene Brunnen) und 1,20 EUR/m³ im Falle einer Wasserversorgung aus dem öffentlichen Netz (Schwankungsbreite: 0,06-3,15 EUR/m³) [TVI Enquete, 1997].

Die Abwassergebühren betrugen 1997 im Mittel 1,80 EUR/m³ bei einer Schwankungsbreite von 0,50 – 2,5 EUR/m³ [TVI Enquete, 1997].

1.5 Umweltrelevanz der Textilveredlungsindustrie

Für die Beurteilung der Input/Output-Situation von Textilveredlungsbetrieben ist als erster Schritt die Betrachtung des ganzen Standortes sinnvoll. Dies bedeutet die Erfassung der einfließenden und ausfließenden Massenströme auf Jahresbasis. Eine übersichtliche und aussagekräftige Darstellung dieser Daten ist anhand sogenannter Jahres-Massenstromübersichten möglich (Abbildung 1.9).

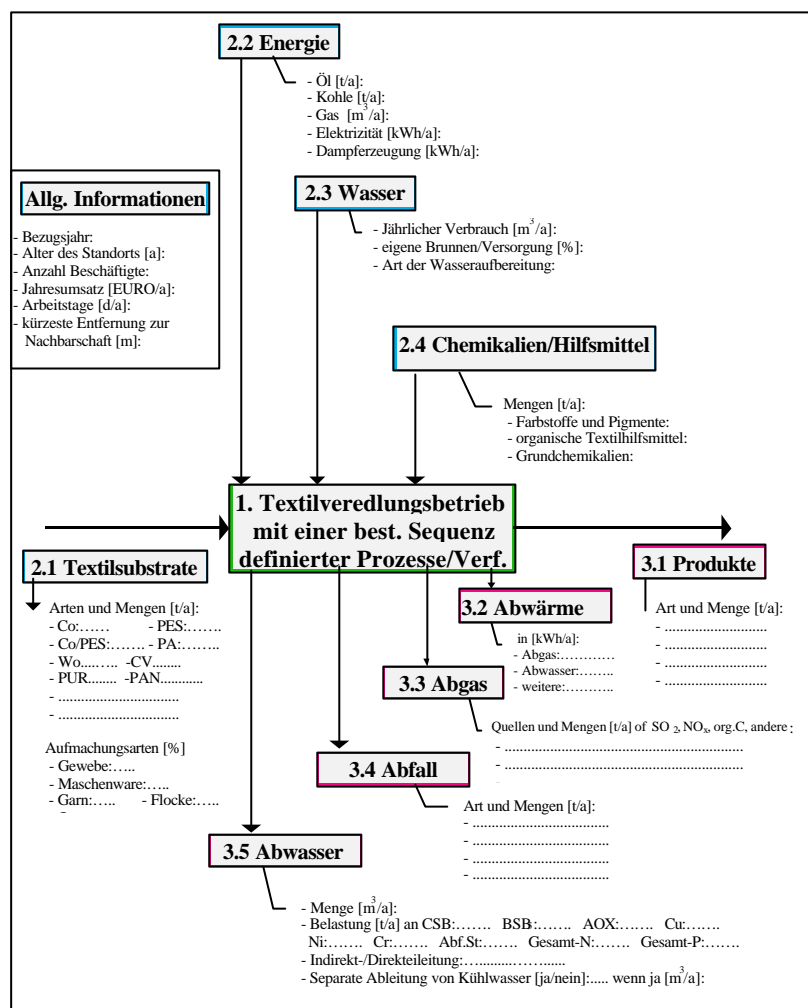


Abbildung 1.9: Jahres-Massenstromübersicht für Textilveredlungsbetriebe

Eine komplette Jahres-Massenstromübersicht erlaubt die Berechnung von substratmengenspezifischen Input- und Emissionsfaktoren. Anhand dieser Faktoren können ähnliche Textilveredlungsbetriebe verglichen und Gruppen mit ähnlichen (in erster Näherung vergleichbaren) Textilveredlungsbetrieben gebildet werden.

Außerdem ist es möglich, z.B. auf Basis des organischen Kohlenstoffs, einen quantitativen Vergleich von Emissionen in Wasser und Luft durchzuführen.

In der Textilveredlungsindustrie haben die Abwasseremissionen in der Regel die höchste Umweltrelevanz. Das Abwasser enthält den größten Anteil der chemischen Belastung gefolgt von Abgasemissionen, besonders von Spanrahmen im Falle der Rohfixierung von synthetischen Flächengebilden oder im Falle von Ausrüstungen. Abgasseitig ist auch die Energieerzeugung von Bedeutung.

Weiterhin ist der Lagerung und dem Umgang mit Chemikalien Beachtung zu schenken sowie der Minimierung und Entsorgung von festen Abfällen.

Abbildung 1.10 offenbart, dass die Textilveredlungsindustrie im Vergleich zu anderen Industriesektoren bezüglich dem Abwasseranfall an achter Stelle rangiert. 94% der Industriebetriebe führen ihr Abwasser einer kommunalen Kläranlage zu. Betrachtet man nur diese Indirekteinleitungen, so steht die Textilindustrie bezüglich der Abwassermengen an vierter Stelle (Abbildung 1.11).

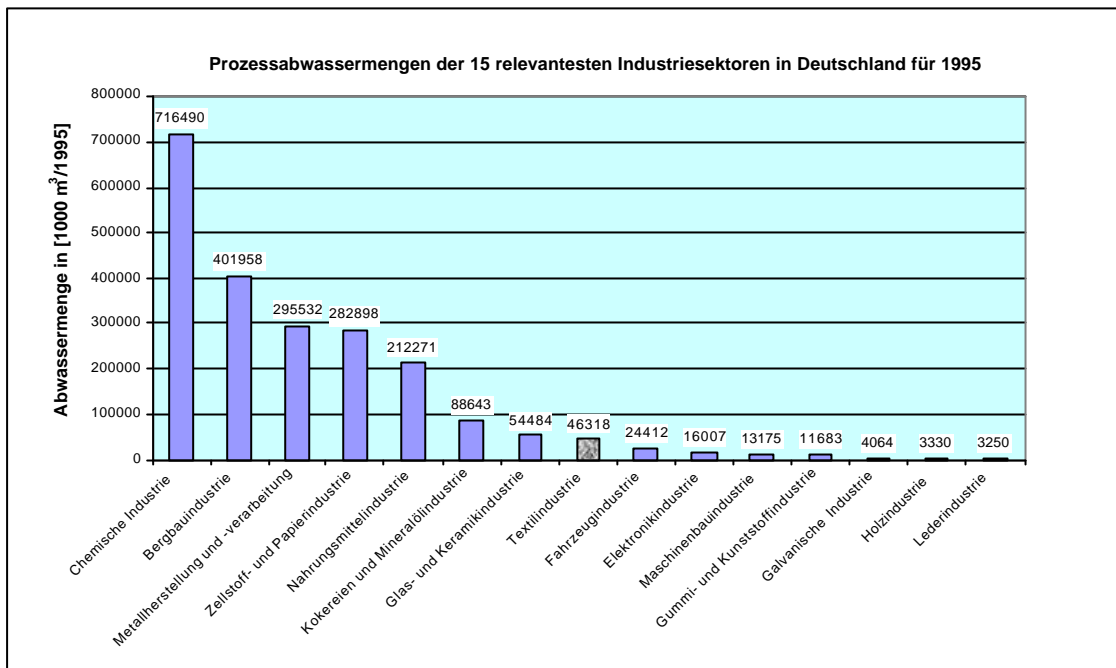


Abbildung 1.10: Emission von prozessspezifischem Abwasser (ohne Kühlwasser) der 15 wichtigsten Industriesektoren in Deutschland für 1995 - nach [Stat. Bundesamt, 1998]

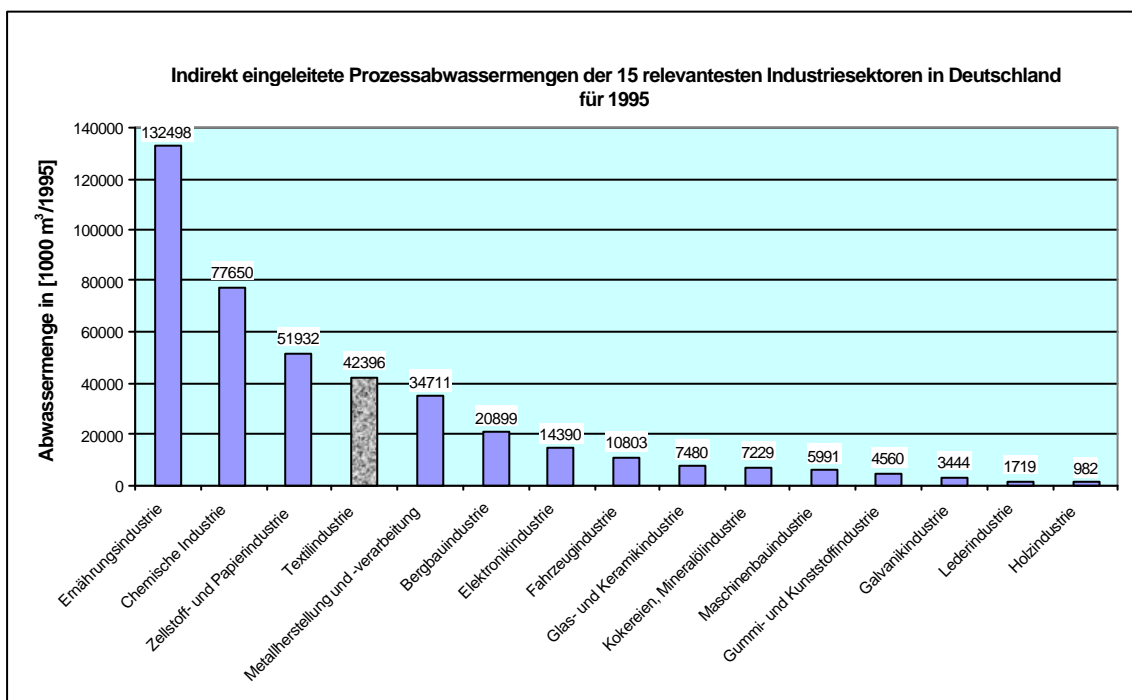


Abbildung 1.11: Emission von indirekt eingeleitetem prozessspezifischem Abwasser (ohne Kühlwasser) der 15 relevantesten Industriesektoren in Deutschland - nach [Stat. Bundesamt, 1998]

Der spezifische Wasserverbrauch von verschiedenen TVB-Arten ist in Tabelle 1.1 zusammengestellt.

TVB-Klasse nach Auf- machungsart	1988 Mittelwert [l/kg]	1988 Bereich [l/kg]	1992 Mittelwert [l/kg]	1992 Bereich [l/kg]	1996 Mittelwert [l/kg]	1996 Bereich [l/kg]
Flockmaterial/Garn	79	18-151	67	31-124	69	10-185
Maschenware	168	100-313	139	54-250	97	20-133
Gewebe	118	29-190	146	90-302	103	38-280
Gewebeveredler mit Druckerei	194	56-375	179	65-330	179	70-229

Tabelle 1.1: Spezifischer Wasserverbrauch für verschiedene TVB-Arten in Deutschland von 1988-1996 (Mittelwert und Schwankungsbereich) – [TVI Enquete, 1997]

Kürzlich ist eine detaillierte Studie zum Wasserverbrauch und zu Abwasseremissionen erschienen [Schönberger, 2001]. Diese Studie bestätigt im Grundsatz die vorgenannten Werte.

Die meisten angewandten und emittierten Chemikalien werden mit dem Abwasser eingeleitet. Normalerweise verbleiben die Farbstoffe, die Ausrüstungsmittel einschließlich Beschichtung und Teppichrückenbeschichtung sowie die Bindemittel und anderer Hilfsmittel im Falle von Pigmentdruck auf den textilen Substraten. Dagegen werden die meisten sonst angewandten Chemikalien mit dem Abwasser emittiert.

Tabelle 1.2 enthält repräsentative ausgewählte Beispiele für den spezifischen Einsatz von chemischen Produkten für fünf verschiedene TVB-Arten.

TVB-Art	Farbmittel [g/kg Textil]	Textil- hilfsmittel [g/kg Textil]	Textilgrund- chemikalien [g/kg Textil]
▪ Veredler von Garn aus überwiegend Polyester	18	129	126
▪ Veredler von Maschenware aus überwiegend Synthefasern	52	113	280
▪ Veredler von Maschenware aus Baumwolle	18	100	570
▪ Veredler von Gewebe aus überwiegend Cellulosefasern	11	183	200
▪ Veredler von Gewebe aus überwiegend Cellulosefasern mit relevanter Druckereiabteilung	88	180	807

Tabelle 1.2: Stoffeinsatz-Faktoren für fünf verschiedene TVB-Arten – [Schönberger, 2001]

Für den Input von chemischen Stoffen liegen Werte bis zu 1 kg Chemikalien je Kilogramm verarbeitetem Textilsubstrat vor. Wie bereits erwähnt werden diese Stoffe überwiegend mit dem Abwasser emittiert. Bezogen auf die organische Belastung werden mit dem Abwasser 20 -100 g organische Stoffe je Kilogramm Textil emittiert, was 15-250 Mal mehr ist im Vergleich mit den Abgasemissionen.

Im Zuge der Textilveredlung ist die Erhitzung von Wasser und Luft erforderlich sowie elektrische Energie für den Betrieb der Maschinen. Weiterhin werden beträchtliche Energiemengen für Trocknungsvorgänge benötigt. Abbildung 1.12 zeigt den gesamten Energieverbrauch für die deutsche Textilveredlungsindustrie in Abhängigkeit von den verschiedenen Energieträgern. Mit der gesamten jährlichen Produktionsmenge läßt sich der spezifische Energieverbrauch berechnen (Abbildung 1.13). Die Betrachtung des spezifischen Energieverbrauches für die vergangenen 15 Jahre zeigt, dass er auf einem relativ hohen Niveau verbleibt und nicht reduziert werden konnte.

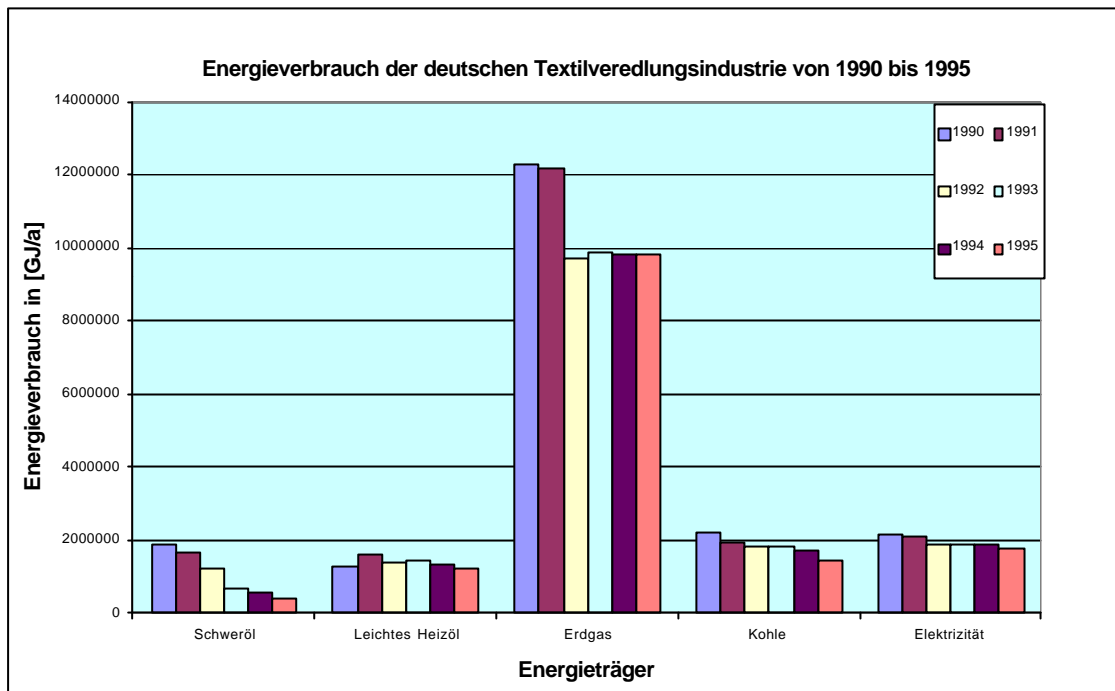


Abbildung 1.12: Energieverbrauch der deutschen Textilveredlungsindustrie von 1990 -1995 für die verschiedenen Energieträger– [TVI-Verband, 1995]

Der Anteil des Energieverbrauchs der deutschen Textilveredlungsindustrie im Vergleich zum Energieverbrauch aller deutschen Industriesektoren ist in der Größenordnung von 1%. [BMWi, 2000].

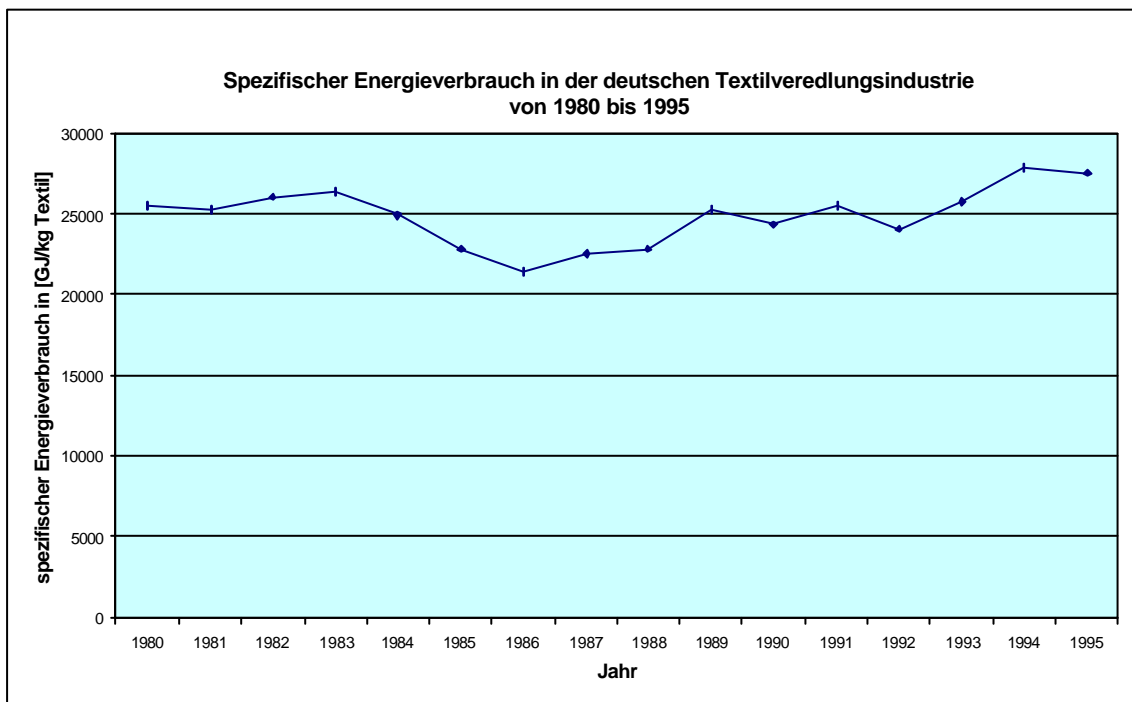


Abbildung 1.13: Spezifischer Energieverbrauch der deutschen Textilveredlungsindustrie von 1980-1995 [TVI-Verband, 1995]

1.6 Literatur

[BMWi, 2000]

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Energie Daten 2000 – Nationale und internationale Entwicklung (2000)

[FhG-ISI, 1997]

Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Landwehr, M.; Marscheider-Weidemann, F.
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI)
Untersuchung zur Abwassereinleitung: Statistik wichtiger industrieller und gewerblicher Branchen zur
Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Stoffen (1997)

[Gesamttextil, 2000]

Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland, Gesamttextil
Jahrbuch der Textilindustrie 2000 (2000)

[IVC, 1999]

Industrievereinigung Chemiefasern e.V. (IVC)
Die Chemiefaser-Industrie in der Bundesrepublik Deutschland 1999 (2000)

[Schönberger, 1998]

Schönberger, H.
Zur Abwässerfrage der Textilveredlungsindustrie
VDI-Fortschrittsberichte, Reihe 15: Umwelttechnik (1998)

[Schönberger, 2001]

Schönberger, H.
Die gegenwärtige Verbrauchs- und Emissionssituation der deutschen Textilveredlungsindustrie
UBA-Texte 28/01 (2001)

[Stat. Bundesamt, 1998]

Statistisches Bundesamt
Umwelt, Fachserie 19, Reihe 2.2 „Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und Ver-
arbeitenden Gewerbe und bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung 1995 (1998)

[TVI Enquete, 1997]

Gesamtverband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband e.V.
Wasser-/Abwasserenquête 1997 (1997)

[TVI-Verband, 1989-1998]

Gesamtverband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband e.V.
Jahresberichte 1989-1995 und Dreijahresbericht 97-99 (1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995,
1999)

[TVI-Verband, 1995]

Gesamtverband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband e.V.
Jahresbericht 1995 (1995)

[TVI-Verband, 1999]

Gesamtverband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband e.V.
Dreijahresbericht 97-99 und Jubiläumsschrift (1999)

2 Angewandte Prozesse und Verfahren

2.1 Überblick

Ein großer Teil der ökologischen Lasten in der Textilveredlung wird durch das textile Rohmaterial selbst und Textilhilfsmittel aus vorgelagerten Prozessschritten (Faser-, Garn- und Flächenherstellung) verursacht. Um die ökologischen Auswirkungen der Textilveredlungsindustrie zu charakterisieren, ist es deshalb unerlässlich die gesamte textile Wertschöpfungskette zu betrachten.

Kapitel 2.1 gibt einen kurzen Überblick der textilen Rohmaterialien und der Verfahren entlang der gesamten textilen Produktionskette. Wichtige Aspekte im Hinblick auf die ökologische Situation in Textilveredlungsbetrieben werden kurz erwähnt. Das in Abbildung 2.1 dargestellte Ablaufschema stellt gewissermaßen den roten Faden für das Kapitel 2.1 dar. Das Wissen über die Inputströme (textile Rohmaterialien, Textilhilfsmittel, Chemikalien und Farbmittel) und ihrer inhärenten ökologischen Last sind ein Schlüssel zum Verständnis der Umweltsituation in der Textilveredlungsindustrie. In Kapitel 2.2 wird daher dieser Punkt eingehend betrachtet. Kapitel 2.3 geht auf die in der Textilveredlungsindustrie angewandten Verfahren unter Berücksichtigung ihrer ökologischen Aspekte ein. Auch die Applikations- und Trocknungstechniken werden kurz umrissen.

Zur Herstellung von Textilien wird eine Vielfalt von Verfahrensstufen benötigt (siehe Abbildung 2.1). Der Lebenszyklus eines Textils beginnt mit der Naturfaser oder der Herstellung synthetischer Fasern, der nächste Schritt ist die Herstellung von Garnen aus Natur- oder Synthefasern. Aus den Garnen/Fasern werden mit Hilfe verschiedener Techniken Flächengebilde hergestellt (Weben, Stricken, Wirken, Vliesbildungstechniken, Flechten, Tuften). Die Veredlungsverfahren (Vorbehandlung, Färben, Drucken und Ausrüsten) folgen. Einige Textilien werden beschichtet oder laminiert. Diese Verfahrensschritte erfolgen nicht immer in der gleichen Abfolge. Zum Beispiel können Fasern, Garne und Flächengebilde aber auch bereits konfektionierte Textilien gefärbt werden (siehe Abbildung 2.1). Die Konfektion (Schneiden, Nähen, Zusammenfügen) ist der letzte Schritt vor dem Verkauf an den Einzelhandel oder Großhandel und den Verbraucher. Nach dem Gebrauch können Textilien wiederverwertet werden. Die Wiederverwendung in der Faserherstellung und, Vliesstoffherstellung etc. ist möglich.

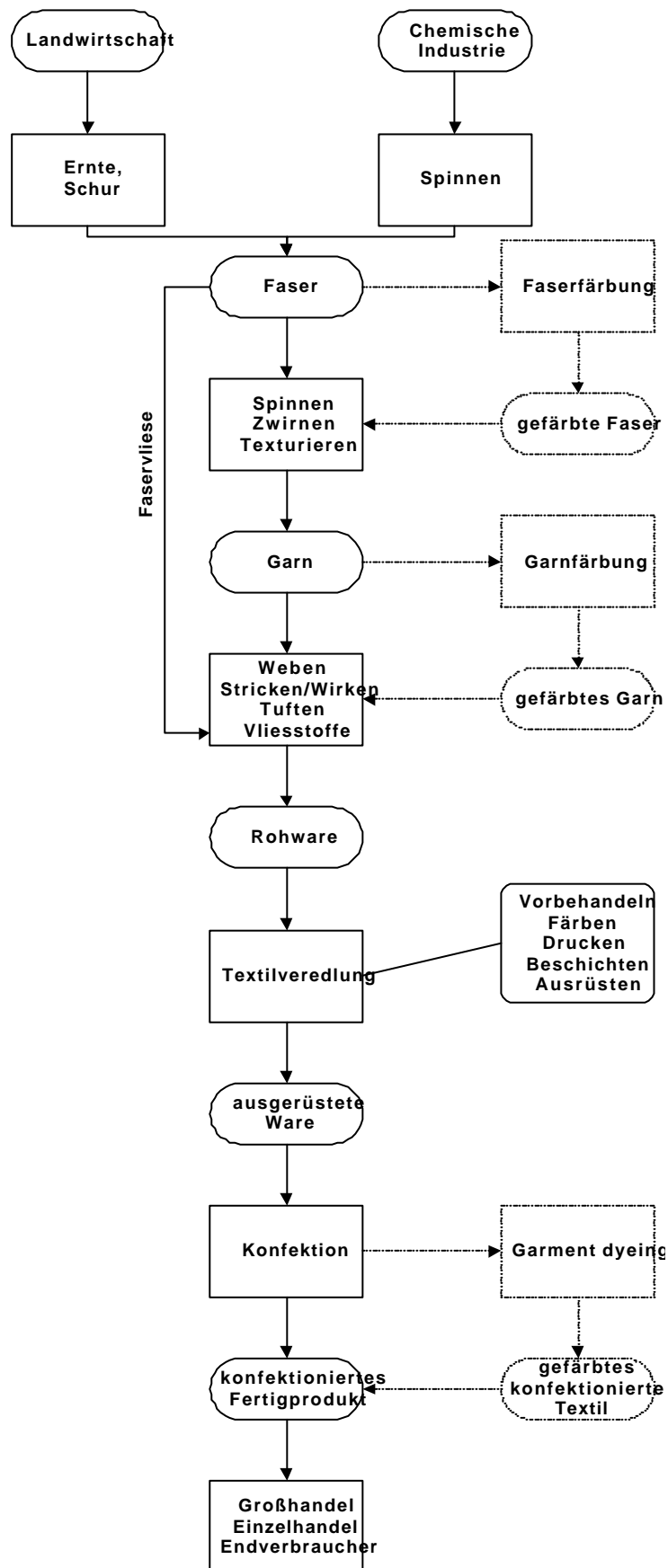


Abbildung 2.1: Die textile Kette

Die Input-Output-Situation entlang der textilen Kette ist stark vereinfacht in Abbildung 2.2 dargestellt.

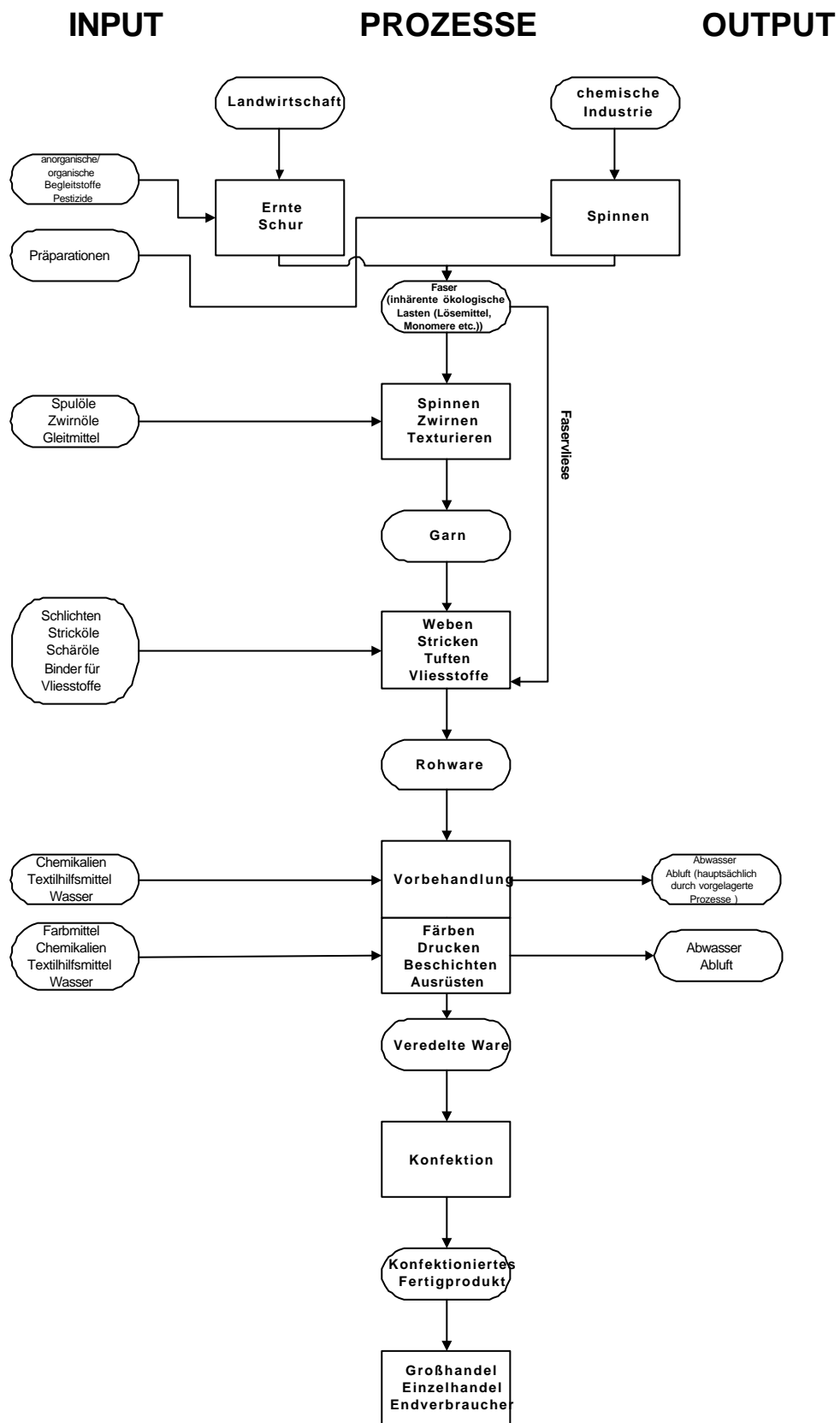


Abbildung 2.2: Vereinfachte Darstellung der Input/Output-Situation entlang der textilen Kette

2.1.1 Faserherstellung

Natürliche Fasern stammen von Tieren oder Pflanzen (siehe Abbildung 2.3). Die wichtigsten natürlichen Fasern sind Baumwolle und Schafwolle.

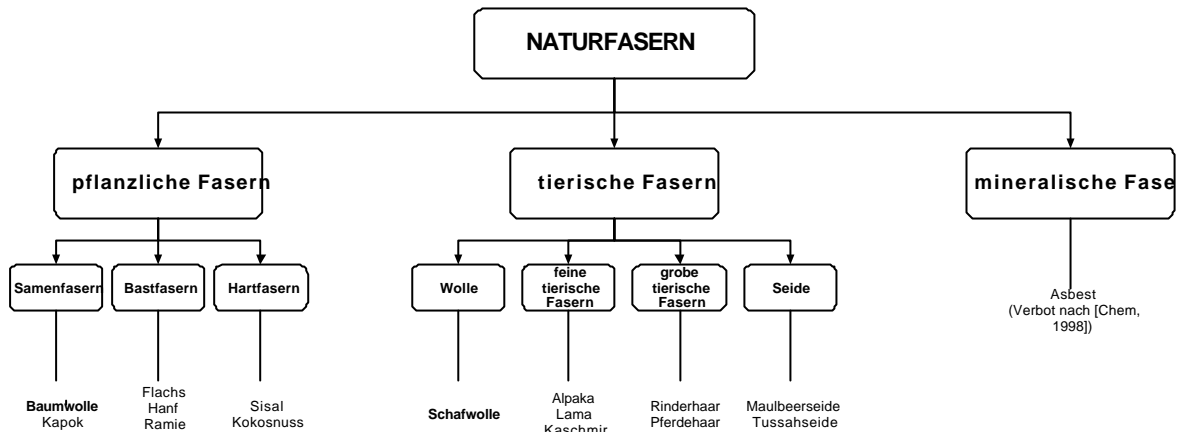


Abbildung 2.3: Natürliche Fasern [Wulfhorst, 1998]

Das Ausgangsmaterial für synthetische Fasern sind natürliche oder synthetische Polymere und anorganische Stoffe (siehe Abbildung 2.4).

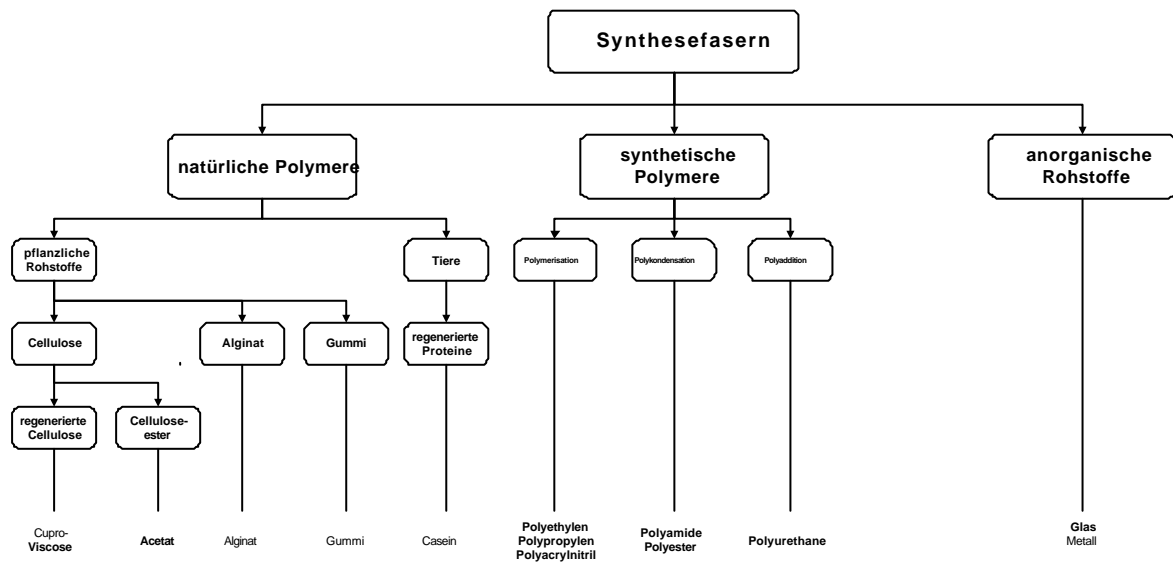


Abbildung 2.4: Synthetische Fasern [Wulfhorst, 1998]

Polyester, Polyamid, Polyacrylnitril, Polypropylen, regenerierte Cellulose und Celluloseacetate sind die wichtigsten synthetischen Fasertypen in der Textilindustrie.

2.1.1.1 Synthetische Fasern

Der erste Schritt bei der Herstellung von synthetischen Fasern ist die Herstellung von Filamenten aus den oben angeführten Rohmaterialien durch die folgenden Primärspinnverfahren:

- Schmelzspinnen
- Trockenspinnen
- und Nassspinnen.

Beim Schmelzspinnverfahren, das bei thermoplastischen Polymeren (Polyamide, Polyester, Polypropylen etc.) Verwendung findet, werden die Polymergranulate aufgeschmolzen, durch Spinnndüsen gepresst und die Filamente nach dem Abkühlen aufgewickelt. Beim Trockenspinnverfahren (Polyacrylnitril, Elastane) und Nassspinnverfahren (Viscose, Cupro) werden die Polymere zunächst in entsprechenden Lösemitteln gelöst. Beim Trockenspinnen werden die Lösemittel nachdem die Spinnlösung die Spinndüse passiert hat, verdampft. Beim Nassspinnen werden die Filamente in ein Koagulationsbad getaucht. Die Entfernung des Lösemittels aus den Fasern ist ein diffusionskontrollierter Prozess. Für synthetische Fasern, die nach dem Nass- oder Trockenspinnverfahren hergestellt werden, sind Restlösemittelgehalte, die das Abwasser und die Abluft in der Textilveredlung belasten können, typisch.

Nach dem Spinnprozess werden die Filamente verstreckt, um die Orientierung der Makromoleküle zu erhöhen und das entsprechende Kraft/Dehnungsverhalten einzustellen.

Synthetische Fasern finden Anwendung als

- Filamente oder Multifilamentgarne oder
- nach Bearbeitung/Konvertierung (Kräuseln, Schneiden) als Spinnfasern. Die weitere Verarbeitung der Spinnfasern erfolgt wie bei den Naturfasern über Sekundärspinnverfahren.

Synthetische Glatargarne können texturiert werden. Durch mechanische oder thermische Belastung (z.B. durch Drallerteilung der Glatargarne bei hohen Temperaturen) ändert sich die Orientierung der Makromoleküle und auf makroskopischer Ebene wird eine Kräuselung (Bauschigkeit) und damit ein höheres „Volumen“ erreicht. Dies führt zu einem verbessertem Wärmerückhaltevermögen, einer erhöhten Elastizität und zu einem „textileren“ Charakter im Vergleich zu den Glattgarne.

Die Filamentgarne erhalten während der Herstellung und weiteren Verarbeitung Präparationsmittel, um Reibungscharakteristika einzustellen und antistatische und weitere Eigenschaften zu erreichen, die eine nachfolgende Weiterverarbeitung ermöglichen. Diese Präparationsmittel können zur ökologischen Hauptbelastung in der Vorbehandlung von Veredlungsbetrieben werden (für weitere Details siehe Kap. 2.2.1.3 und Anhang I).

2.1.2 Herstellung von Spinnfasergarnen

Die Herstellung von Spinnfasergarnen erfolgt in Spinnereien. Vor dem Spinnen werden vorbereitende Prozesse durchgeführt. Die Aufgaben der einzelnen Prozessschritte in der Spinnerei sind das Öffnen der Faserballen, das Mischen, Reinigen, Parallelisieren der Fasern sowie das Verstrecken und Drehen der Fasern zu einem Garn. Die wichtigste Technologie ist das Ringspinnen (80% der weltweiten Garnproduktion). Die am häufigsten eingesetzte nicht konventionelle Spinntechnologie ist das open-end-(OE)-Verfahren.

Die Garne aus natürlichen Fasern wie auch aus synthetischen Spinnfasern werden mit Hilfe verschiedener Spinnssysteme hergestellt. Die Art des verwendeten Systems hängt von der Faserlänge, der Faserfeinheit und dem Endgebrauch ab. In allen unten angeführten Technologien wird der letzte Schritt auf Ringspinnmaschinen oder unkonventionellen Spinnmaschinen ausgeführt:

- Baumwollspinntechnologie
(alle Fasertypen (insbesondere Baumwolle) bis zu 40 mm Länge)
- Kammgarnspinnerei
(Wolle und lange synthetische Spinnfasern (insbesondere Polyester und Polyacrylnitril))
- Halbkammgarnspinnerei
(wichtig für grobe Wolle und lange synthetische Spinnfasern (besonders für Polyamide und Polyacrylnitril))
- Streichgarnspinnerei
(universelle Technik für Wolle und feine synthetische Fasern).

Der Unterschied zwischen diesen Techniken basiert auf Typ und Anzahl der Spinnvorbereitungsschritte (Verstrecken, Kämmen etc.).

Einige Garnqualitäten werden gezwirnt; dabei werden zwei oder mehrere Garne ineinander verdreht.

Während des Spinnens und Zwirns werden Gleitmittel (Schmälzen) und Zwirnöle appliziert, die in der Textilveredlung (insbesondere in der Vorbehandlung) zur Belastung des Abwasser- und Abluftpfades führen können.

2.1.3 Herstellung von Flächengebilden

2.1.3.1 Weben

Ein Gewebe besteht aus zwei oder mehreren senkrecht miteinander verkreuzten Fadensystemen. Auf der Webmaschine (Webstuhl) wird das Schussgarn in das längsorientierte Kettgarn eingefügt (Webfach). Vor dem eigentlichen Webprozess müssen einige Vorbereitungsverfahren ausgeführt werden. Zuerst muss der Kettbaum vorbereitet werden. Die auf Spulen befindlichen Kettgarne werden mit Hilfe von Zettelmaschinen oder Schärmaschinen zusammengeführt. Das Schären ist insbesondere für kleine Metragen und stark gemusterte Qualitäten üblich. Beim Schären werden zur Verbesserung des Laufverhaltens der Garne meist Schäröle eingesetzt. Das Zetteln ist in der Regel mit dem Schlichtprozess verbunden.

Die meisten Spinnfasergarne und der Großteil der Filamentgarne müssen vor dem Weben geschlichtet werden. Das Schlichten erfolgt in der Weberei, um das Kettgarn während des Webprozesses vor Schädigung und Bruch zu schützen. Die Schlichte (siehe Anhang I) bildet einen Schutzfilm um das Kettgarn; herausragende Faserenden, welche zu Webstillständen führen, werden minimiert. Das Schlichten wird in Schlichtmaschinen durchgeführt. Die von den Zettelbäumen abgespulten Garne werden in dem Schlichtetrog mit heißer Schlichteflotte imprägniert; der Überschuss an Schlichte wird durch Abquetschwalzen entfernt und die Garne anschließend getrocknet und auf dem Kettbaum zusammengeführt. In der Veredlung müssen die Schlichten (und auch die Schäröle) von den Flächengebilden entfernt werden. Insbesondere bei Baumwolle verarbeitenden Veredlungsbetrieben wird über die Schlichtemittel die hauptsächliche CSB-Last in das Abwasser eingetragen.

Aufgrund unterschiedlicher Maschinenanforderungen und unterschiedlicher Flächenqualitäten (Garnfeinheit, Warendichte, Warenmuster, etc.) werden unterschiedliche Webmaschinentypen eingesetzt:

- Exzenterwebstühle (nur einfache Bindungsmuster)
- Schaftmaschinen (mehr Bindungsmuster möglich)
- Jacquardmaschinen (sehr viele unterschiedliche Bindungsmuster möglich).

Der Schusseintrag erfolgt mit Hilfe der folgenden Technologien:

- Schützen
- Projektil
- Greifer

- Luftdüsen (air jet)
- Wasserdüsen (water jet)
- spezielle Schusseintragstechniken
- Reihenfachweben.

Der Schlichteauftrag auf das Kettgarn ist – neben einigen Garnparametern – vom Webmaschinentyp bzw. der Schusseintragsrate bestimmt.

Webwaren werden in allen textilen Bereichen eingesetzt (Bekleidung, Heimtextilien und technische Textilien).

2.1.3.2 Stricken, Wirken

Gestrickte und gewirkte Textilien werden aus Garnen oder Garnsystemen durch Maschenbildung hergestellt. Es gibt Flachstrick-, Rundstrick- und Wirk-Technologien. Neben dem Einsatz in den Bereichen Bekleidung (z.B. Pullover, Unterwäsche, Feinstrumpfhosen) und Heimtextilien (z.B. gewirkte Vorhänge) werden Gestricke auch als technische Textilien eingesetzt. Stricköle (siehe Anhang I) können in der Vorbehandlungsstufe der Textilveredlung zu Abwasser- und Abluftbelastungen führen.

2.1.3.3 Vliesstoffe/Nonwovens

Vliese sind textile Flächengebilde die direkt aus Fasern hergestellt werden. Die Garnerzeugung wird bei dieser Methode zur Flächenerzeugung umgangen. Es existierten mehrere Herstellungsverfahren (siehe Abbildung 2.5).

Der Einsatz von Vliesstoffen erfolgt in vielen Bereichen:

- Einlagestoffe
- Grundgewebe/Träger für Beschichtungen
- Abwaschtücher
- Windeln
- Filter, Geotextilien und weitere technische Textilien.

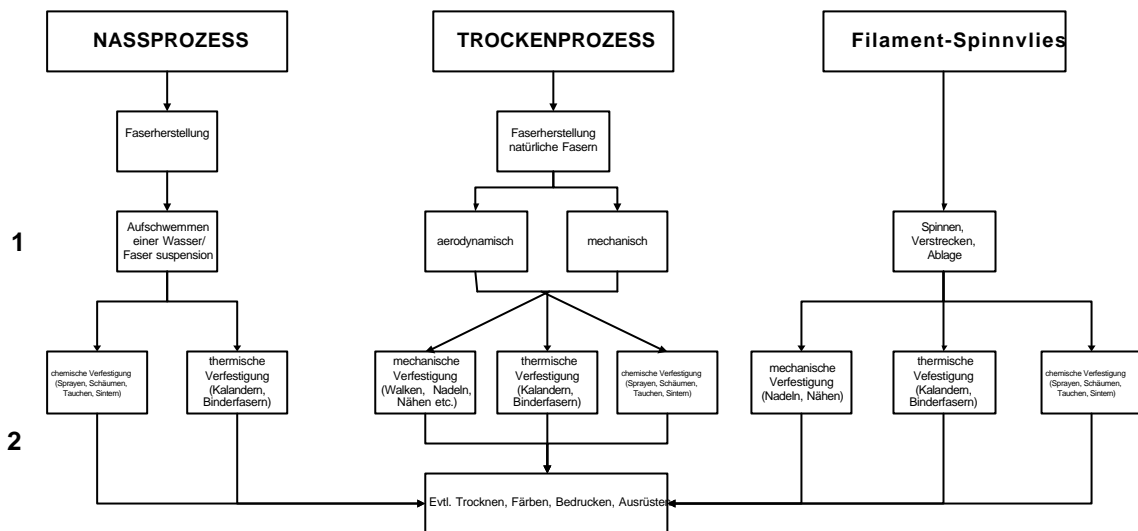


Abbildung 2.5: Vliesstoffherstellung [Wulforst, 1998; Rouette, 1995]
1: Vliesbildung 2: Vliesverfestigung

In der Vliesstoffherstellung (thermische oder chemische Verfestigung) sind Abluftbelastungen durch faserinhärente Monomere (z.B. Caprolactam bei der Verarbeitung von PA-6), Monomere aus den Bindopolymere und andere flüchtige Substanzen aus den Bindemitteln von Bedeutung hinsichtlich möglicher Abluftbelastungen. Vliesrohmaterialien schleppen in die weiteren Verarbeitungsschritten der Textilveredlung keine nennenswerten Begleitstoffe mit Umweltrelevanz ein.

2.1.3.4 Tufting

In der Teppichindustrie wird die Tufting-Technologie eingesetzt. Pölfäden (in Schlingenform) werden mit Hilfe von Nadeln in ein Trägergewebe eingeführt. Das so hergestellte Textil wird gefärbt und ausgerüstet und anschließend mit einer Rückenbeschichtung versehen. Die Trocknung/Vulkanisation der Rückenbeschichtung (meist auf Basis von Naturlatex oder Styrol/Butadien-Latices ist abluftrelevant).

2.1.3.5 Flechten

Flechtwaren sind im Vergleich zu den oben erwähnten Flächenherstellungsmethoden von geringerer Bedeutung. Flechtwaren werden im Bekleidungssektor, Sport- und Heimtextiliensektor sowie im Bereich der technischen Textilien eingesetzt (Seile, Bänder, Litzen).

2.1.4 Textilveredlung (Überblick)

Um den Ansprüchen der Verbraucher bzw. technologischen Erfordernissen zu entsprechen, werden textile Rohmaterialien veredelt. Die Veredlung umfasst alle mechanischen (physikalischen) und chemischen/biochemischen Methoden, die die Eigenschaften des Textils verbessern. In der Veredlung erhalten Textilien ein spezifisches Erscheinungsbild und eine bestimmte Funktionalität. Zum Beispiel werden Kundenwünsche bzgl. hochmoderner Farben für die Bekleidung oder Anforderungen bzgl. Wasserdichtigkeit und/oder Flammfestausrüstung für technische Textilien in der Veredlung erfüllt. Daher hat sie einen großen Einfluss auf den zusätzlichen Wert und Nutzen eines Textils. Ausrüstungsprozesse können in jedem Schritt der textilen Kette erfolgen (an Fasern, Kammzügen, Garnen, Flächengebilden und konfektionierten Waren). Die Ausrüstung von Flächengebilden dominiert jedoch eindeutig (Abbildung 2.6).

Vor der weiteren Verarbeitung in den Veredlungsbetrieben müssen alle Verunreinigungen der Rohware, die in nachfolgenden Verarbeitungsschritten (Färben, Drucken, Ausrüsten) störend wirken können, entfernt werden. Der Vorbehandlung kommt damit eine Schlüsselrolle für alle nachfolgenden Veredlungsschritte zu. Der Hauptanteil der ökologischen Frachten in den Vorbehandlungsschritten wird

durch verschiedene Faserbegleitstoffe verursacht. Art und Umfang der Vorbehandlungsschritte sind substratspezifisch und hängen vom Endgebrauch bzw. den Kundenanforderung ab. Standardrezepte für die Vorbehandlung sind im Anhang II aufgeführt.

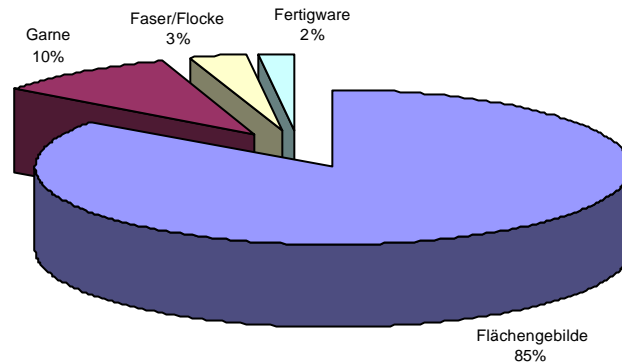


Abbildung 2.6: Ausrüstung von Textilien [BFBW, 2000]

Besonders in der Bekleidungsindustrie ändern sich aufgrund der Mode die Produktanforderungen sehr rasch (bis zu viermal im Jahr). Für die deutsche Textilveredlungsindustrie mit ihren hoch spezialisierten Produkten bestimmen kurze Auslieferungszeiten (just-in-time-Produktion) das Produktionsgeschehen.

2.1.5 Konfektion

Die Konfektion der Textilien ist der letzte Schritt vor dem Verkauf im Einzel- oder Großhandel. Die Konfektion umfasst die folgenden Schritte:

- Schneiden
- Nähen
- Zusammensetzen mit Hilfe anderer Techniken (adhäsive Vliesverfestigung, Schweißen, Formen).

2.2 Input-Materialien

2.2.1 Textile Rohmaterialien

Eine Übersicht über die Natur- und Synthefasern wurde bereits in Kap. 2.1.1 gegeben. Im Hinblick auf Abwasser- und Abluftbelastungen in der Textilveredlung spielen die textilen Rohmaterialien und ihre Verunreinigungen/Begleitstoffe eine entscheidende Rolle und werden daher an dieser Stelle eingehender betrachtet.

Die wichtigsten Begleitstoffe sind nachfolgend zusammengefasst [EnviroTex, 1998; EnviroTex, 1994; EnviroTex, 1996a; EnviroTex, 1996b; EnviroTex, 1996c]:

- Natürliche Verunreinigungen aus Baumwolle, Wolle, Seide etc. (Art und Menge siehe Anhang I)
- Rest-Faserlösemittel (bei synthetischen Fasern, die nach dem Trocken- oder Nassspinnprozess hergestellt werden)
- Rest-Monomere (z.B. Caprolactam aus Polyamid 6)
- Katalysatoren (z.B. Antimontrioxid in Polyesterfasern)

- Schlichtemittel (insbesondere bei Webware aus Baumwolle und Baumwollmischungen; (Art und Menge siehe Anhang I)
- Präparationsmittel (insbesondere bei Wirk- und Strickware aus Synthefasern; Art und Menge siehe Anhang I).

In den folgenden Kapiteln sind die inhärenten ökologischen Frachten, die aus den Natur- und Synthefasern in die Textilveredlung eingeschleppt werden, beschrieben.

2.2.1.1 Baumwolle

Baumwolle besteht im Wesentlichen aus Cellulose und einigen anderen Komponenten unterschiedlicher Zusammensetzung (siehe Anhang I). Pektine, Proteine, Wachse, abgelöste Samenkapseln etc., die in der Vorbehandlung entfernt werden, führen zu einem CSB-Eintrag in das Abwasser. Auch anorganische Substanzen (K-, Na-, Fe- Salze etc.) werden in der Vorbehandlung aus der Baumwolle entfernt. In der Baumwollproduktion werden neben Kunstdünger, Fungiziden, Insektiziden, Herbiziden auch Wachstumsregulatoren und Entlaubungsmittel eingesetzt. Die Pestizide werden normalerweise in den Wachstumsperioden appliziert, bevor die Baumwollsamenskapsel sich geöffnet hat. Biozide können eingesetzt werden, um die Baumwollfasern während des Transportes und der Lagerung zu schützen. Nach Analysen im Auftrag der Bremer Baumwollbörse ist der Pestizidgehalt in Rohbaumwollfasern vernachlässigbar [Bremen, 2000; Dollacker, 1996].

2.2.1.2 Wolle

Die natürlichen Verunreinigungen von Wolle (Wollfett, Wollschweiss, Schmutz, Vegetabilien, siehe Anhang I) werden bereits bei der Rohwollwäsche entfernt. Rohwolle enthält Rückstände von Bioziden, die zur Vorbeugung bzw. Behandlung des Befalls der Schafe durch externe Schädlinge (Ektoparasiten) wie z. B. Zecken, Milben und Schmeissfliegen eingesetzt wurden. Wie die natürlichen Verunreinigungen werden sie in der Rohwollwäsche entfernt und belasten das Abwasser. Der Biozidgehalt der Rohwolle variiert stark in Abhängigkeit der Herkunftsländer [Lakin, 1999]:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| - Organochlor-Verbindungen: | 0,2 - 5 g/t Rohwolle |
| - Organophosphor-Verbindungen: | 1 - 19 g/t Rohwolle |
| - Pyrethroide: | 0,05 - 6,3 g/t Rohwolle. |

Weiterer Schmutz, insbesondere vegetabile Verunreinigungen und Kurzfasern, werden entweder mechanisch beim Kardierprozess oder chemisch durch Karbonisieren (Schwefelsäure-Behandlung) entfernt. In der Vorbehandlungsstufe der Textilveredlung erfolgt in der Regel eine Wäsche in der vor allem Präparationsmittel, die bei der Herstellung der Garne und Flächengebilde aufgebracht werden, von den Wollfasern abgelöst werden.

2.2.1.3 Synthetische Fasern

Präparationsmittel aus der Faser-, Garn- und Flächengebildeherstellung verursachen die Hauptfrachten an organischer Last bei der Vorbehandlung synthetischer Fasern. Die Präparationsmittel basieren im Wesentlichen auf folgender Chemie (siehe auch Anhang I):

- Mineralöle
- Ethylen-Propylenoxid-Addukte
- herkömmliche Fettsäureester
- sterisch gehinderte Fettsäureester (optimiert bzgl. der Abluftemission)
- Polyolester (optimiert bzgl. der Abluftemission)
- Polyester-/Polyetherpolycarbonate (optimiert bzgl. der Abluftemission).

Abbildung 2.7 zeigt die wesentlichen Applikationspunkte und charakteristischen Auflagemengen von Präparationsmitteln und Schlichten (die Auflagenmenge ist in Prozent bezüglich des Trockengewichtes der Fasern angegeben).

Neben den Präparationen werden von synthetischen Fasern die folgenden Stoffe in die Vorbehandlungsprozesse der Textilveredlung eingeschleppt.

Faserart	Nebenprodukte	Gehalt
Polyamid 6	Caprolactam Oligomere	Bis zu 1% (hiervon bis zu 90% extrahierbar in wässrigen Prozessen, bis zu 50% flüchtig in thermischen Prozessen)
Polyester	Antimontrioxid (Katalysator) Oligomere	300 ppm Sb (ca. 80 ppm Sb können beim HT-Färben extrahiert werden [Thier-Grebe, 2000])
Polyacrylnitril	Lösemittel (N,N-Dimethylformamid, N,N-Dimethylacetamid)	0,2% - 2%
Elastane	Lösemittel (N,N-Dimethylacetamid)	bis zu 3%
m-Aramide	Lösemittel (N,N-Dimethylacetamid, N-Methyl-pyrrolidon)	1% - 3%

Tabelle 2.1: Inhärente ökologische Lasten in synthetischen Fasern

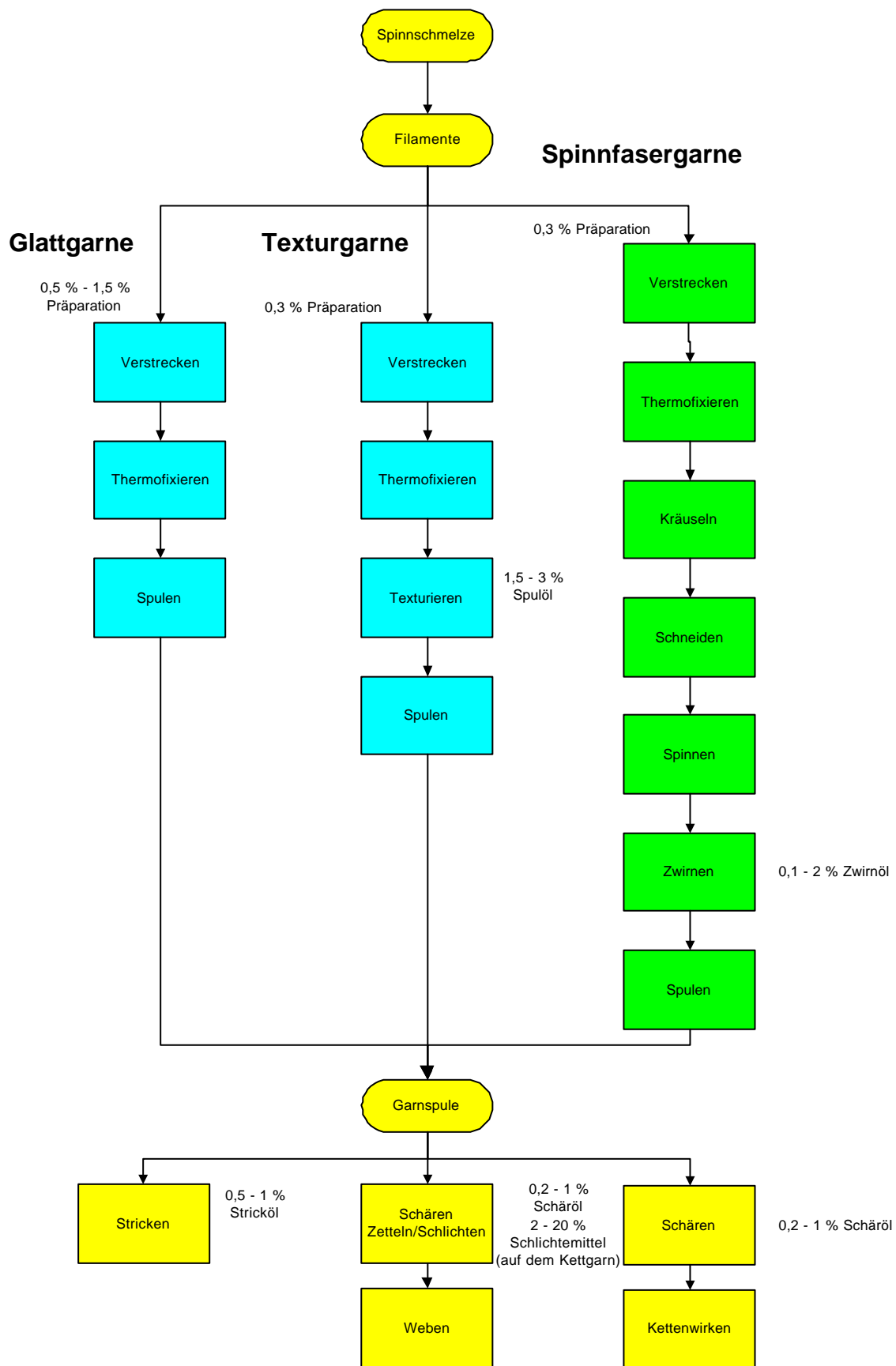


Abbildung 2.7: Auftragspunkte und Auflagemengen für Präparationsmittel und Schlichten

2.2.2 Textilhilfsmittel und Chemikalien

Integrierte Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung müssen bereits am Anfang der textilen Wertschöpfungskette ansetzen. Neben Informationen über das textile Rohmaterial sind ausreichende Informationen zur ökologischen Relevanz der in der Textilveredlung eingesetzten Chemikalien und Textilhilfsmittel notwendig.

Die meisten Grundchemikalien und ein Großteil der Textilhilfsmittel werden während den Veredelungsprozessen nur als Hilfsstoffe eingesetzt (z.B. Egalisierungsmittel, Salze, Komplexbildner, Waschmittel). In wässrigen Prozessen gelangen sie zum Großteil in den Abwasserpfad. Andere Chemikalien und Textilhilfsmittel bewirken einen Effekt auf dem Textil und sind chemisch/physikalisch auf den Fasern fixiert. Nur ein geringer Gehalt dieser Substanzen wird im Abwasser oder in der Abluft gefunden (z.B. Restflotten, nichtfixierte Substanzen in Ausziehprozessen, flüchtige Substanzen in Kondensations- und Fixierprozessen). Wieder andere Substanzen (z.B. Reaktivfarbstoffe, Vernetzer) reagieren während dem Färben bzw. Ausrüsten. Nebenprodukte aus den Reaktionen (z.B. Farbstoffhydrolysate, Formaldehyd, Ammoniak) werden entweder im Abwasser oder in der Abluft gefunden.

Der Verbrauch an Chemikalien, Textilhilfsmitteln und Farbstoffen in der deutschen Textilveredelungsindustrie (1997) liegt bei ca.

- 204.000 t Chemikalien
- 102.000 t Textilhilfsmittel
- 13.000 t Farbstoffe (Schätzungen des Umweltbundesamt [BW, 1998]).

Einen guten Überblick über Textilhilfsmittel erhält man aus dem „Textilhilfsmittelkatalog“. 7000 Handelsprodukte, basierend auf ca. 400 – 600 unterschiedlichen chemischen Substanzen, sind aufgeführt [THK, 2000].

Tabelle 2.2 gibt eine Übersicht über die Vielfalt der in der Textilveredlung eingesetzten Textilhilfsmittel und Chemikalien, ihrer Effekte und ihrer chemische Zusammensetzung. Die Nomenklatur und Struktur des „Textilhilfsmittelkataloges“ ist in den meisten Fällen übernommen worden [TEGEWA, 1987].

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Primärspinnen, Spulen, Texturieren, Spinnen, Zwirnen, Schären, Weben, Stricken, wirken	Präparationsmittel für das Primärspinnen, Gleitmittel, Avivagen, Spulöle, Schäröle, Zwirnöle, Stricköle)	Verbesserte Verarbeitbarkeit, Schutz der Fasern/Garne, Einstellung der Reibungsparameter, Einstellung elektrostatischer Eigenschaften, Verbesserung der Laufeigenschaften beim Spulen, Texturieren etc.	Mineralöle, herkömmliche Fettsäureester, Ethylen-Propylenoxid Addukte, sterisch gehinderte Fettsäureester, Polyolester, Polyester-polyethercarbonate, Silikone, Additive (Emulgatoren, Antistatika, Korrosionsinhibitoren, anionische und nichtionische Tenside)
Schlichten	Schlichten, Schlichtemittel-additive	Schutz des Kettgarns beim Weben (Schlichtemittelauftrag erfolgt in der Weberei)	Polymere natürliche oder synthetische Produkte (Stärke, modifizierte Stärke, modifizierte Cellulose, Polyvinylalkohol, Polyacrylate, Polyester) Additive (Öle, Wachse, Stärke-Aufschlussmittel (Peroxide)
Vorbehandlung			
Alle Vorbehandlungsschritte	Faserschutzmittel	Schutz der Fasern und Verminderung des Faserangriffs während der Vorbehandlung	Protein-Fettsäurekondensate und Guanidin-Derivate
Entschlichten	Entschlichtungsmittel	Entfernen der Schlichten	Enzyme (Amylasen) für enzymatisches Entschlichten; Mono- und Dopersulfate für oxidatives Entschlichten; Tenside, Komplexbildner
Alkalisches Abkochen	Abkochhilfsmittel	Entfernung der Fasernebenprodukte (Fette, Wachse, Pektine, Anorganika etc.) aus cellulosischen Fasern oder deren Mischungen	Alkali (Natriumhydroxid); alkalibeständige und elektrolytbeständige Tenside (Fettalkoholethoxylate, Alkansulfonate), Komplexbildner)
Bleichen	Bleichhilfsmittel	Bleichen	Peroxide, Natriumchlorit, Natriumhydroxid, Komplexbildner, unter sauren oder alkalischen Bedingungen stabile Tenside, Silikate, Polycarbonsäuren, Zuckerpolymere als Peroxidstabilisatoren, Nitrate (Korrosionshemmung), Polyacrylamide (Gleitmittel), Natriumsulfit, Enzyme (Katalasen), um überschüssiges Peroxid zu entfernen
Mercerisieren	Mercerisierhilfsmittel	Erhöhung der Farbstoffaufnahme und Höchstzugkraft sowie des Glanzes durch Alkalibehandlung unter Spannung	Alkali (Natriumhydroxid; selten Ammoniak); in hoch konzentrierten Laugen stabile Netzmittel (niedrigmolekulare Alkylsulfate, Alkylsulfonate), Entschäumer (kurzkettige Alkylphosphate, Alkohole), Komplexbildner

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Laugieren	Laugierhilfsmittel	Siehe Mercerisieren (das Laugieren erfolgt ohne Spannung auf dem Textil)	siehe Mercerisieren
Carbonisieren	Carbonisiermittel	Entfernung von pflanzlichen Verunreinigungen mit Säuren oder sauren Salzen	Schwefelsäure, säurestabile Netzmittel (Alkylarylsulfate, Alkylsulfonate, Fettalkoholethoxylate)
Optisches Aufhellen	Optische Aufheller	Erhöhung des Weissgrades	Stilben, Pyrazolin oder Benzazol-Derivate
Färben/Drucken			
Lösen von Farbstoffen	Farbstofflösemittel und hydrotrope Mittel	Unterstützung der Farbstoffauflösung	Alkohole, Polyole (Glykolether), Fettalkoholethoxylate, Ester
Lösen von Farbstoffen	Dispergatoren Schutzkolloide	Förderung und Stabilisierung von Farbstoffen und Pigmentdispersionen	Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd- Kondensationsprodukte, Naphthalinsulfonate, Ligninsulfonate, Fettalkoholethoxylate, Alkansulfonate, Alkylarylsulfonate, Polyacrylate
Auszieh färbeverfahren, Foulardprozesse	Netzmittel, Entlüftungsmittel	Förderung der Benetzung der Textilien. Erhöhung der Durchfärbung und Farbstoffaufnahme bei Klotzprozessen	Alkylsulfate, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Sulfosuccinate, Fettalkoholethoxylate, Alkylphosphate, höherwertige Alkohole, Kohlenwasserstoffe.
Egalisieren	Egalisiermittel Migriermittel Retarder Durchfärbemittel	Gleichmäßige Verteilung der Farbstoffe in den Textilien	Alkyl-, Alkylaryl-, Alkylamin- und Alkylarylaminoethoxylate; Fettsäureester und -amide, Fettsäurekondensationsprodukte, Polyvinylpyrrolidon, quaternäre Ammoniumsalze, Alkylsulfate, Alkylarylsulfonate,
Auszieh färbeverfahren (besonders PES, PES/WO)	Carrier	Erhöhung der Farbstoffabsorption und Farbstoffdiffusion insbesondere bei PES und PES/WO	Aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte aromatische Verbindungen, Benzoesäureester (Benzylbenzoat), Phthalsäureester, Alkylphthalimide, Alkylphenolethoxylate
Strangfärben von Stückware	Lauffaltenverhinderer	Lauffaltenverhinderung beim Strangfärben	Polyglykolether, Polyamide, Polyacrylate, Fettalkoholethoxylate, Alkylphosphate, Fettsäureester
Auszieh färbeverfahren	Farbstoffschutzmittel, Verkokungsschutzmittel	Schutz der Farbstoffe während der Applikation vor reduzierend wirkenden Fremdstoffen	Puffer und/oder oxidierende Substanzen (Nitrobenzolsulfonat, Harnstoff, Alkylarylsulfonat)

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Klotzen/Fouillardieren	Klotzhilfsmittel Antimigriermittel Antifrostingmittel Produkte zur Erhöhung der Flottenaufnahme	Schutz vor ungewünschter Farbstoffmigration in oder auf dem Textil Verhinderung eines Grauschleiers beim Klotz-Dämpf-Färbeverfahren Erhöhung der Farbstoffausbeute beim Reaktiv-Klotz-Kaltverweil-Verfahren	Polyacrylate, Polyacrylamide, EO/PO-Addukte, Alkylphosphate, Alkylarylethersulfate, Alginate, Polyacrylate, Guar-Derivate, Polyacrylamide, Polymere und Copolymere. Schaumerzeugende Tenside wie Ethylenoxid-Addukte. Polyacrylate, EO/PO-Addukte, Alkylarylethersulfate.
Kontinuierliches Färben, Drucken	Fixierbeschleuniger	Beschleunigung der Farbstofffixierung und -diffusion, Erhöhung der Farbstoffausbeute	Aromatische Ether, Fettsäureethoxylate, Polyglykole
Nachbehandlung	Nachbehandlungsmittel zur Echtheitsverbesserung	Verbesserung der Reibechtheit, Nassechtheit und Lichtechtheit	Nachseifmittel auf Basis waschaktiver Substanzen oder farbstoffaffiner Polymere. Kationische Fixiermittel für Direkt- und Reaktivfarbstoffe (polyquaternäre Ammoniumverbindungen, kationische Formaldehyd-Kondensationsprodukte. Polysulfonate bei Polyamid-Färbungen mit basischen Farbstoffen. Organo-Kupferverbindungen bzw. Benzophenone zur Lichtechtheitsverbesserung von PA bzw. PES (UV Absorber)
Pigmentfärben, Pigmentdrucken	Bindemittel	Fixierung anorganischer und organischer Pigmente auf dem Textil (Pigmentdruck)	Filmbildende Substanzen (Butadien-Styrol-Copolymere; Polyacrylate, Acrylat-Copolymere, Polyurethane
Druckpasten Herstellung	Verdicker	Einstellung der geforderten Pastenviskosität	Alginate, Galactomannane, modifizierte Stärken, Polyacrylate, Polysaccharid-Kombinationen, Additive (aliphatische Kohlenwasserstoffe etc.)
Druckpasten Herstellung	Emulgatoren	Dispersion der Pigmente in der Druckpaste	Alkylarylethoxilate (APEO), Fettalkoholethoxilate, Isopropanol, N-Methylpyrrolidon

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Pigmentdruck	Fixierungsmittel	Vernetzer	Melamin-Derivate, Harnstoff-Formaldehyd-Kondensationsprodukte
Druck	Mittel zur Entfernung von Druckverdickern	Entfernung von Druckverdickern	Alkylaminethoxilate, Fettsäureethoxilate, Fettalkoholäthoxilate
Druck	Druckerei- und Kantenkleber	Druckereikleber befestigen die zu bedruckende Ware auf dem Drucktuch Kantenkleber (Kantenversteifungsmittel) dienen zum Verfestigen der Kanten des Textils und Verhindern das Einrollen	Wasserlösliche Kleber (Stärke, Stärkederivate, Pflanzengummi, Polyvinylalkohol, Polyvinylcaprolactam, Polyacrylate etc.); wasserunlösliche Verbindungen (Polyvinylacetate, Polyacrylsäureester). Polyvinylalkohol, Polyvinylchlorid, Polyacrylsäureester, Polyvinylacetat
Färben und Drucken	Oxidationsmittel	Re-Oxidation der reduzierten Form von Küpen-, Leukoküpenester- und Schwefelfarbstoffen Abziehen von Farbstoffen von der Faser	Wasserstoffperoxid, Natriumperborat, Natriumper-sulfat, Natriumdichromat, Salze der m-Nitrobenzolsulfonsäure, Natriumbromat Natriumchlorit
Färben und Drucken	Reduktionsmittel	Reduktion von Küpen- und Schwefelfarbstoffen, um sie in die wasserlösliche Form zu bringen. Entfernung von Dispersionsfarbstoffen (reduktive Nachbehandlung) Abziehen von Farbstoffen	Küpenfarbstoffe: Natriumdithionit, Sulfonsäure-Derivate Schwefelfarbstoffe: Natriumsulfid, Natriumdithio-nit, Glukose und binäre Systeme Natriumdithionit, Thioharnstoffdioxid Natriumdithionit, Natrium- oder Zinkformaldehyd Sulfonsäuren, Thioharnstoffdioxid
Ätzdruck	Ätzmittel Ätzhilfsmittel	Ätzmittel werden auf ein vorgefärbtes Textilmaterial gedruckt, um die Farbstoffe zu zerstören und eine Musterbildung zu erzeugen	Reduktions- und Oxidationsmittel (siehe oben) Anthrachinon-Derivate

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Färben, Reservedruck	Reservierungsmittel	Farbstoffaffine Stellen im Textil werden besetzt, damit die Anfärbung verringert oder vollständig vermieden wird	Färben: anorganische Salze, Tannine, Alkylaryl-, Aryl-, Alkylsulfonate, aromatische Sulfonate, anionische oder polyanionische Verbindungen Druck: Aluminium- und Zinnsalze, Alkaliverbindungen
Färben und Drucken mit Beizenfarbstoffen	Beizmittel	Verbesserung der Farbstoffaffinität auf der Faser	Quaternäre Ammoniumverbindungen, Aluminium-Chrom- und Eisensalze
Färben, Farbkorrektur	Aufhellungs- und Abziehmittel	Teilweise Entfernung des schon absorbierten und fixierten Farbstoffes	Polyvinylpyrrolidon, Polyglykolether, Cellulasen, Alkylarylsulfonate, Alkylaminethoxylate, Reduktions- und Oxidationsmittel
Färben, Faserschutz	Faserschutzmittel	Vermeidung einer Faserschädigung während des Färbens und Ausrüstens	Eiweisshydrolysate, Polyglykolether, Eiweiss-Fettsäurekondensate, Ligninsulfonate, Formaldehyd absplattende Produkte (Harnstoff-Derivate), Guanidin-Derivate, Benzophenon, Benzotriazol
Färben allgemein	pH-Regulatoren, Säure- und Alkalispender	Pufferung des pH-Wertes	organische Säuren, Ester, Puffersalze
Färben allgemein	Salze	Erhöhung der Substantivität für Reaktiv- und Direktfarbstoffe; egalisierender Effekt auf Säurefarbstoffe etc.	Natriumchlorid, Natriumsulfat etc.
Färben allgemein	Säuren/Alkali	Einstellung des pH-Wertes	Organische Säuren (Essigsäure, Ameisensäure, Oxalsäure), anorganische Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure); Natriumhydroxid, Ammoniaklösungen), Natriumcarbonat
Ausrüstung			
Optisch Aufhellen	Optische Aufheller	siehe Vorbehandlung	

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Pflegeleicht-Ausrüstung	Mittel zur Verbesserung des Knitter- und Krumpfverhaltens Additive Katalysatoren	Erhöhung der Knittererholung und Formstabilität	Dimethylolharnstoff und -Derivate, 1,3-Dimethylol-4,5 dihydroxyethylenharnstoff und -Derivate, Melamin-Derivate, Carbamate. Polyethylen Dispersionen, Silikon Emulsionen Metall oder Ammonium Salze und Zubereitungen aus Säuren und Alkali
Griffgebung	Griffgebende Mittel		
	Beschwerungsmittel	Erhöhung des Flächengewichts	Pigmente (Kaolin, Talkum); lösliche Verbindungen (Harnstoff, Glycerin, Salze)
	Füll- und Versteifungsmittel	Erzeugung eines vollen Griiffs und/oder Erhöhung der Steifigkeit (Biegemodul)	Polyacrylate, Polyvinylacetat, Polyurethan, Polyvinylalkohol, Ethylenvinylacetat-Copolymere, Stärke, modifizierte Stärke
	Weichmacher	Weicher Griff wird erzeugt	Fettsäurekondensationsprodukte, Alkanolamide Wachse, Paraffine, Polysiloxane, Polyethylen, quaternäre Ammoniumverbindungen
Antielektrostatische Ausrüstung	Antielektrostatika	Schutz vor elektrostatischer Aufladung	Fettsäureethoxilate, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Alkylphosphate, quaternäre Ammoniumverbindungen, Alkylaminooxide
	Hydrophobierungsmittel	Wasserabweisende Ausrüstung	Fluorcarbonharze, Polysiloxane, Paraffine zum Teil in Kombination mit Aluminium-, Zirkonium- und Chromverbindungen,
	Oleophobierungsmittel	Ölabweisende Ausrüstung	Fluorcarbonharze
	Mittel für die schmutzabweisende Ausrüstung	Verbesserung der schmutzabweisenden Eigenschaften	Polysiloxane, Fluorcarbonharze
	Soil release Mittel	Verbesserung der Schmutzauswaschbarkeit	Fluorcarbonharze, Polyacrylate, Fettsäurekondensationsprodukte, Polyurethane
Walken	Walkmittel (tierische Fasern)	Unterstützung der Filzbildung	Fettalkoholethoxylate, Alkylsulfonate, Fettsäurekondensationsprodukte

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Filzfrei-Ausrüstung	Filzfrei-Ausrüstungsmittel	Verminderung der Filzneigung	Reduktions- oder Oxidationsmittel, Chlorcyanurat, Polysiloxane, Polyurethane, Polyamid-Epoxid-Copolymere
Glanz-Ausrüstung	Glanzgebende Mittel	Erhöhen den Glanz (zum Teil in Verbindung mit einem mechanischen Ausrüstungsschritt)	Emulsionen aus Paraffinen, Wachsen, Polyolefinen, Polyglykolen oder Polysiloxanen
	Mattierungsmittel	Reduktion des Glanzes	Pigmente
Schiebefest-, Maschenfest und Antisnag-Ausrüstung	Mittel zur Schiebe- und Maschenfest-Ausrüstung	Verminderung des Verschiebens einzelner Fadensysteme in Gewebe und der Bildung von Laufmaschen in Gewirken und Gestricken sowie Verringerung der Bildung von Ziehern (Snags) an Strümpfen und anderen Fertigwaren	Modifizierte Kieselsäure, Polyvinylacetat, Acrylatstyrol-Copolymere
Flammschutz-Ausrüstung	Flammschutzmittel	Reduktion der Entflammbarkeit und Brennbarkeit	Anorganika (z.B. Ammoniumsalze), Antimontrioxid mit halogenierten Verbindungen (Chlorparaffine, bromierte Verbindungen), reaktive oder nicht-reaktive P-organische Verbindungen (Derivate des Phosphonsäuredimethylesters, Derivate des Tetrakis-Hydroxymethylphosphoniumchlorids, cyclische Phosphonsäureester)
Antimikrobielle Ausrüstung	Antimikrobiotika	Schutz vor Mikroorganismen	Zinkorganische Verbindungen, Benzimidazol-Derivate, Triclosan, Isothiazolinon-Derivate, Chlorphenol-Derivate
Chemische Bindung von Vliestoffen	Binder	Faserbindung Additive	Acrylsäureester, Acrylnitril, Ethylen-, Butadien-, Styrol-, Vinylchlorid- und Vinylacetat-Polymere und – Copolymere, Latex, Stärke etc., Polyether, N-Methylol-Verbindungen etc.
Beschichten	Beschichtungsmittel	Herstellung von Beschichtungen	Polymere und Copolymere auf Basis von Vinylchlorid, Acrylsäureestern, Acrylnitril, Ethylen, Butadien, Styrol, Vinylidenchlorid, Vinylacetat; Naturlatex, Additive, Füllstoffe

Prozess	Textilhilfsmittel	Effekt	Chemische Zusammensetzung
Laminieren	Laminierungsmittel	Verbinden von Flächengebilden und Folien	Natürliche oder synthetische Latices, Polyvinylacetate, Polyurethane, Polyacrylate, Celluloseester, Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Additive
Vielseitig einsetzbare Textilhilfsmittel	Netzmittel	Erhöhung des Netzvermögens	Alkylsulfate, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Alkylethersulfate, Sulfosuccinate, Fettalkoholethoxilate, Alkylphosphate
	Entschäumer	Verhinderung von Schaumbildung beim Schlichten, in Vorbehandlungsbädern, Druckpasten, Färbädern und Ausrüstungsflotten	Alkylphosphate, Kohlenwasserstoffe, hochmolekulare Alkohole, Polysiloxane, Fluortenside
	Wasch- Dispergier- und Emulgiermittel		Seifen, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Alkylethersulfat, EO-PO-Addukte, Fettalkoholethoxilate, Alkylarylethoxilate,
	Detachiermittel	Fleckentfernung	Tenside, Lösemittel (Kohlenwasserstoffe, chlorhaltige Lösemittel)
Nachbehandlung in Garn- und Stückfärbung, Rauhen, Schmirgeln	Avivagen	Beeinflussung der Reibeigenschaften und des Griffs (Weichmachereffekt)	Siehe auch Präparationsmittel und Weichmacher; quaternäre Ammoniumverbindungen, Ethoxylie-rungsprodukte von Fettsäuren, Fettaminen etc., Polysiloxane, Wachse, Paraffine
Abkochen, Bleichen, Mercerisieren, Laugieren, Entschlichten, Färben und Drucken	Komplexbildner	Komplexierung von Schwermetallen	Polyphosphate, Phosphonate, Polycarboxylate (Polyacrylate und Polyacrylat-Maleinsäure-Copolymere), Zucker-Copolymere, Hydroxycarbonsäuren, Aminocarbonsäuren

Tabelle 2.2: Textilhilfsmittel und Chemikalien in der Textilveredlung

2.2.3 Farbstoffe

2.2.3.1 Klassifizierung der Farbstoffe

Farbstoffe können entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung (Azofarbstoffe, Anthrachinonfarbstoffe, Schwefelfarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, indigoide Farbstoffe, Phthalocyanin-Farbstoffe etc.) oder entsprechend ihrer färbereitechnologischen Eigenschaften klassifiziert werden (siehe Tabelle 2.3) [Ebner, 1988].

Jede der gegenwärtig in der Textilveredlung eingesetzte Farbstoffklasse hat ihre spezifische färbereitechnologische Vorteile und ist daher nicht zu ersetzen. Zum Beispiel werden im Falle der Cellulosefärbung Direkt-, Reaktiv-, Küpen- und Schwefelfarbstoffe eingesetzt. Reaktivfarbstoffe führen zu brillanten Farben, ihre Nassechtheiten sind hervorragend. Andererseits werden häufig, aufgrund ihrer einfachen Handhabung und geringen Kosten, Direktfarbstoffe eingesetzt, obwohl die mit dieser Farbstoffklasse erzielten Nassechtheiten meist schlechter sind.

Die untenstehende Tabelle zeigt die Hauptanwendungsfelder der verschiedenen Farbstoffklassen.

Farbstoffklasse	Subklasse	PES	CA	PAC	PA	Si	WO	Cell
Dispersionsfarbstoffe		+++	+++	++	++	-	-	-
Basische (kationische) Farbstoffe		-	~	+++	++	-	-	-
Säure (anionische) Farbstoffe	Standardtyp	-	-	~	+++	+++	+++	-
	1:1 Metallkomplex	-	-	-	D	+	+++	-
	1:2 Metallkomplex	-	-	-	++	+	+++	-
Beizenfarbstoffe		-	-	-	-	~	+++	-
Reaktivfarbstoffe		-	-	-	~	++	++	+++
Direktfarbstoffe		-	-	-	++	++	D	+++
Küpenfarbstoffe	Standardtyp	~	-	~	~	~	-	+++
	Leukoküpenester	-	-	-	~	~	~	D
Schwefelfarbstoffe		-	+	-	-	-	-	+++
Azo- (Naphtol)-Farbstoffe		+++	-	~	~	~	-	+++

Tabelle 2.3: Farbstoffklassen und ihre Haupteinsatzgebiete (nach [Ebner, 1988])
+++ : sehr oft; ++ : oft; + : in Gebrauch; D : hauptsächlich im Druck; ~ : möglich

2.2.3.2 Farbstoffspezifische ökologische Frachten

In Ausziehfärbungen (siehe auch 2.3.7.1) verbleiben nicht-fixierte Farbstoffe in dem Färbebad und belasten das Abwasser in Abhängigkeit des Farbstofftyps und der Prozessbedingungen. Durchschnittliche Fixiergrade von Farbstoffen in Ausziehfärbverfahren sind in Tabelle 2.4 zusammengestellt.

Farbstofftyp	Fixiergrad [%]
Reaktivfarbstoffe	55-97
Küpenfarbstoffe	75-95
Dispersionsfarbstoffe	88-99
Direktfarbstoffe	64-96
Säurefarbstoffe	85-98
Metallkomplexfarbstoffe	82-98
Schwefelfarbstoffe	60-95
Basische (kationische) Farbstoffe	96-100
Beizenfarbstoffe	95-98
Pigmentfarbstoffe	100

Tabelle 2.4: Fixiergrade der wichtigsten Farbstoffklassen [Schulze-Rettmer, 1996]

Das Abwasser aus Ausziehfärbungen (ausgezogene Färbebäder und Spülbädern) und die Restflotten von Färbungen nach dem Auftragsverfahren sind mit Farbstoffen, Färbereihilfsmitteln, Salzen, Laugen und Säuren belastet. Handelsübliche Farbstoffformulierungen enthalten grob geschätzt einen Anteil an reinem Farbstoff von 30-50%. Die weiteren Formulierungsbestandteile, deren Anteile je nach Farbstoffklasse variieren, sind biologisch meist nur schwer abbaubare Dispergiermittel (insbesondere Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukte oder Ligninsulfonate), Stellmittel (Salze) und weitere Additive (Frostschutzmittel etc.). Tabelle 2.5 gibt einen Überblick über die für die jeweiligen Farbstoffklassen typischen Abwasserbelastungen.

Farbstoffklasse	Ökologische Aspekte
Reaktivfarbstoffe	Teilweise niedriger Fixiergrad. Farbstoffe können AOX-Quelle darstellen. Geringe Adsorption der Farbstoffhydrolysate am Belebtschlamm. Hoher Salzgehalt der Färbebäder (Natriumchlorid, Natriumsulfat)
Küpenfarbstoffe	Reduktionsmittel (Schwefelverbindungen) notwendig. Oxidationsmittel können AOX-Potenzial aufweisen
Dispersionsfarbstoffe	Zum Teil werden Carrier eingesetzt. Zum Teil erfolgt eine reduktive Nachbehandlung (Schwefelverbindungen)
Direktfarbstoffe	Relativ hoher Salzgehalt der Färbebäder. Nachbehandlung erfolgt zum Teil mit gewässertoxischen kationischen Verbindungen
Metallkomplexfarbstoffe	Schwermetallgehalt im Farbstoff
Schwefelfarbstoffe	Natriumsulfidhaltige Farbstoffe und Reduktionsmittel. Oxidationsmittel können AOX-Potenzial aufweisen
Basische (kationische) Farbstoffe	Retarder beim Färben von PAC (quaternäre Ammoniumverbindung) sind gewässertoxisch
Beizenfarbstoffe	Chromgehalt

Tabelle 2.5: Wesentliche ökologische Aspekte beim Färben mit unterschiedlichen Farbstoffklassen

2.3 Verfahren in der Textilveredlung

2.3.1 Überblick

Die Textilveredlung umfasst im Wesentlichen die in Abbildung 2.8 aufgeführten Prozesssequenzen.

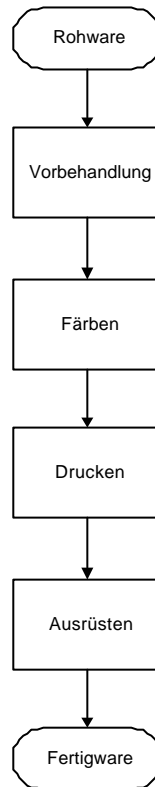


Abbildung 2.8: Prozesssequenz in der Textilveredlung

Je nach Anforderungsprofil an das veredelte Textil werden alle oder nur eine Auswahl der in Abbildung 2.8 aufgeführten Prozessschritte durchgeführt. Beschichtungs- und Laminierungsprozesse erfolgen meist vor dem letzten Ausrüstungsschritt.

2.3.2 Vorbehandlung

In der Vorbehandlung werden Verunreinigungen vom textilen Rohmaterial abgelöst. Natürliche Faserbegleitstoffe der Rohbaumwolle wie Wachse, Proteine, etc., vegetabile Begleitstoffe der Rohwollfasern und die in vorgelagerten Prozessschritten aufgetragenen Hilfsmittel (Präparationsmittel und Schlichten etc.) sowie faserinhärente Nebenprodukte bei Synthefasern (Restmonomere und Restlösemittel) werden entfernt. Die abgelösten Faserbegleitstoffe können zusammen mit den in den Vorbehandlungsschritten angewandten Textilhilfsmitteln und Chemikalien den Abwasser- und Abluftpfad deutlich belasten. Die Vorbehandlung spielt eine Schlüsselrolle für alle nachfolgenden Veredlungsschritte. Eine nicht ausreichende Effektivität in der Vorbehandlung führt zu Qualitätsproblemen in der Färberei, beim Druck und in der Ausrüstung. Die dadurch notwendigen Nacharbeiten sind mit zusätzlichen Ökolasten verbunden.

Mit den Prozessen in der Vorbehandlungsprozesse werden neben der Entfernung von Faserbegleitstoffen noch weitere textiltechnologische wichtige Effekte erzielt:

- Die Absorption von Farbstoffen und Textilhilfsmitteln wird erhöht
- Spannungen im Textil werden reduziert; die Dimensionsstabilität wird erhöht
- Die Benetzbarkeit der Ware wird verbessert
- Das Mercerisieren führt zu einer Veränderung in der Kristallstruktur der Cellulose; der Glanz und die Anfärbbarkeit wird erhöht
- Das Bleichen erhöht den Weissgrad der Ware. Dies ist für ungefärbte Waren und für Waren die in hellen Farben oder mit hoher Brillanz gefärbt werden sollen, von Bedeutung

Mechanische, wässrige und thermische Vorbehandlungsschritte werden durchgeführt (siehe Abbildung 2.9). Die Wahl und Abfolge der Verfahrensschritte sind sowohl substratspezifisch als auch von den nachfolgenden Veredlungsschritten sowie dem vorhandenen Maschinenpark abhängig. Zu einem geringen Teil (insbesondere bei Wolle und Wollmischungen und Elastanmischungen) wird in der Vorbehandlung eine chemische Reinigung mit Perchlorethylen angewandt.

Typische Rezepturen für wässrige Vorbehandlungsverfahren sind im Anhang II dargestellt.

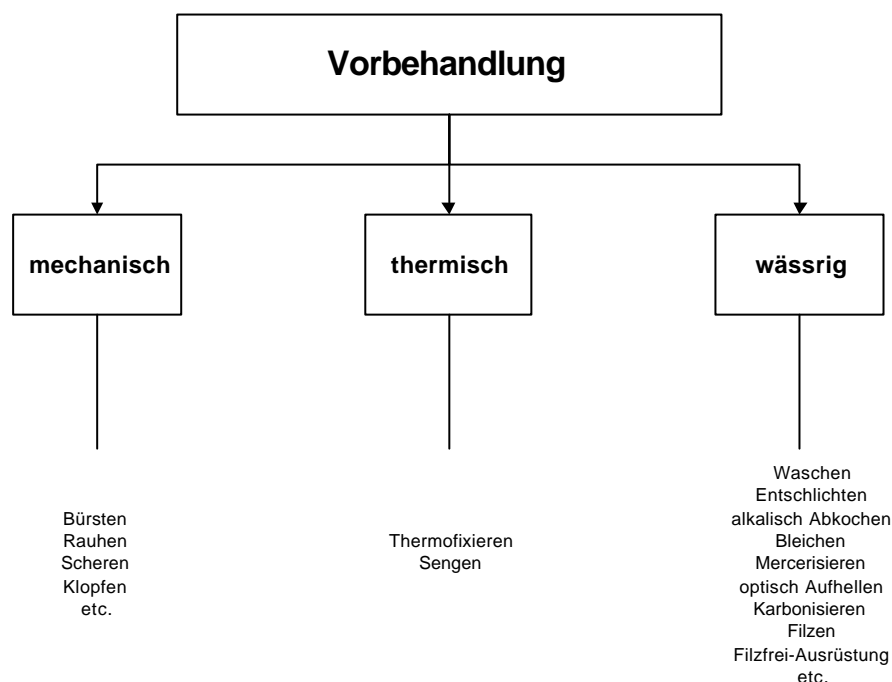
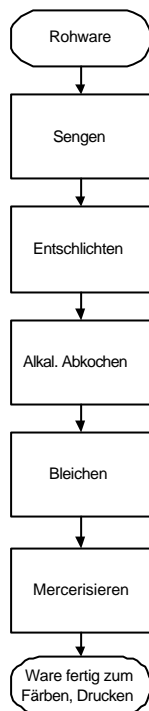


Abbildung 2.9: Wesentliche Vorbehandlungsverfahren

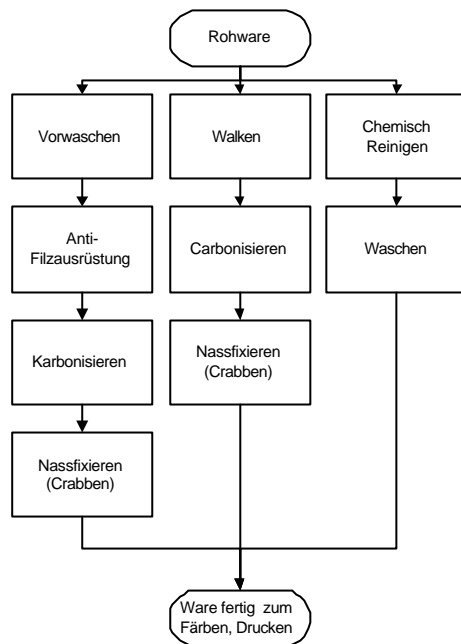
Typische Vorbehandlungsschritte für Baumwolle, Wolle und Synthetikware sind in Abbildung 2.10 zusammengefasst (siehe auch Anhang II).

Beginnt die Vorbehandlung mit einem wässrigen Prozess (Waschen, Entschlichten etc.), gelangen die Faserbegleitstoffe zum Großteil in den Abwasserpfad. Bei Synthetikware steht oft ein thermischer Schritt (Rohfixierung) an erster Stelle. Dabei gelangt der Hauptteil der durch die Rohware eingeschleppten Nebenprodukte in die Abluft.

BAUMWOLLE



WOLLE



SYNTHESEFASERN

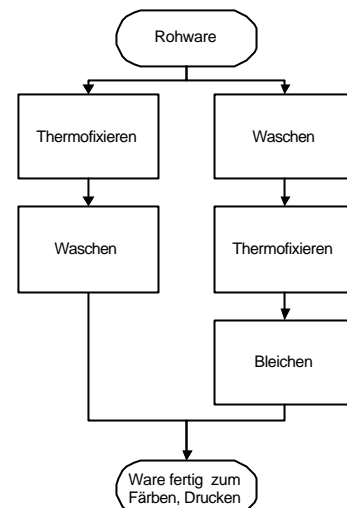


Abbildung 2.10: Typische Vorbehandlungsprozesse für Baumwolle, Wolle und Synthesefasern

2.3.2.1 Mechanische Verfahren in der Vorbehandlung

Die folgenden mechanischen Vorbehandlungsschritte werden in der Hauptsache eingesetzt:

- Bürsten/Rauhen; Entfernen von Verunreinigungen
- Klopfen (besonders nach Sengen oder Karbonisieren); Entfernen von Verunreinigungen
- Rauhen (wird auch in der mechanischen Ausrüstung angewandt)
- Scheren (wird auch in der mechanischen Ausrüstung angewandt).

Im Vergleich zu wässrigen und thermischen Vorbehandlungsverfahren führt die mechanische Vorbehandlung nur zu vernachlässigbaren ökologischen Lasten. Die Verfahren sind relativ energie- und lärmintensiv; es fallen größere Mengen an textilem Abfall (Stäube, Flusen) an.

2.3.2.2 Thermische Behandlungen in der Vorbehandlung

2.3.2.2.1 Thermofixierung

Die Thermofixierung von Flächengebilden aus synthetischen Fasern oder ihrer Mischungen mit natürlichen Fasern wird zur Relaxation von Spannungen im Textil bzw. in der Faser, die aus der vorausgegangenen Faser-, Garn-, Flächengebildeherstellung resultieren und zur Erhöhung der Dimensionsstabilität der Ware durchgeführt. Die Thermofixierung erfolgt kontinuierlich in einem Spannrahmen bei Temperaturen zwischen 170 °C und 220 °C. Die Thermofixierung wird als Vorbehandlungsschritt (Rohfixierung) aber auch nach dem Färben (Zwischenfixieren) und am Ende des Ausrüstungsprozess (Endfixieren) durchgeführt. Die Thermofixierung von Rohware oder unzureichend vorgewaschener Textilien kann zu einer beachtlichen Abluftbelastung führen. Art und Menge der Präparationsmittel und weiterer Nebenprodukte (Restmonomere, Restlösemittel) bestimmen das Emissionsverhalten. Im Falle direkt gasbeheizter Spannrahmen entstehen aus der unvollständigen Verbrennung der Brennergase (Methan oder Propan/Butan) Organisch-C- und Formaldehydemissionen.

2.3.2.2.2 Sengen

Beim Sengen soll eine glatte und faserfreie Oberfläche erzeugt werden. Dies ist insbesondere bei der Vorbehandlung von Druckware wichtig. Das Textil passiert glühende Metall- oder Keramikkörper oder wird direkt an einer Gasflamme vorbeigeführt. Herausstehende Fasern werden abgebrannt. Im Wesentlichen werden Web- und Strickwaren aus Baumwolle oder deren Mischungen gesengt. Bei synthetischen Materialien bewirkt das Sengen eine Verminderung des Pilling-Effektes. Das Sengen von Nähgarnen verbessert deren Laufeigenschaften. Beim Sengen entstehen Sengstaub und Abluftemissionen mit oft erheblicher Geruchsintensität. Dem Sengprozess ist oftmals eine Vorrichtung zum Funkentöten und eine Auftragseinheit zum Imprägnieren der Rohware mit Entschlichtungsklotzflotte direkt nachgeschaltet.

2.3.2.3 Wässrige Prozesse in der Vorbehandlung

Die Vorbehandlung umfasst eine Vielfalt wässriger Prozessschritte. Sowohl die Anzahl als auch die Art der Prozesse und die Prozessabfolge können variieren. Oft ist es möglich mehrere Behandlungsschritte in einem Verfahrensschritt zu kombinieren.

Diskontinuierliche, semi-kontinuierliche und kontinuierliche Verfahren kommen zum Einsatz. Flächengebilde können in breitem Zustand oder als Strang vorbehandelt werden. Kontinuierliche Vorbehandlungsverfahren sind meist kostengünstiger und mit geringeren Umweltlasten verbunden. Die diskontinuierliche Vorbehandlung auf Färbemaschinen ist zu bevorzugen, wenn eine große Anzahl unterschiedlicher Partien gehandhabt werden muss. Zudem haben diskontinuierliche Aggregate den Vorteil geringerer Investitionskosten.

Typische Rezepturen für die wichtigsten wässrigen Vorbehandlungsschritte sind in Anhang II zusammengefasst.

2.3.2.4 Entschlichten

Das Entschlichten ist ein typischer Prozessschritt in der Vorbehandlung von beschlichteter Webware insbesondere bei Substraten aus Baumwolle und Baumwollmischungen. Beim Entschlichten werden die Schlichtemittel, die auf den Kettgarnen zu deren besseren Verwebbarkeit aufgebracht werden, von der Rohware entfernt. Die Entschlichtung erfolgt als erster Prozessschritt in der Baumwollvorbehandlung oder als zweiter Schritt nach dem Sengen. Wasserunlösliche Schlichtemittel müssen beim Entschlichten abgebaut werden; wasserlösliche Schlichten werden einfach ausgewaschen. Die folgenden Entschlichtungsmethoden werden angewandt:

- enzymatisches Entschlichten (Stärkeschlichten)
- oxidatives Entschlichten (meist mit Persulfaten; alle Schlichtetypen)
- Waschen (mit oder ohne Waschmittel; wasserlösliche Schlichten)

Das Entschlichten kann in kontinuierlicher Weise, semi-kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Die Parameter beim Entschlichtungsvorgang hängen stark von der Art und Menge der aufgetragenen Schlichtemittel ab. Da dem Lohnveredler meist nur ungenügende Informationen vorliegen ist für ihn eine Optimierung des Entschlichtungsprozesses meist nicht möglich.

Enzymatisches Entschlichten

Nicht wasserlösliche Stärken oder Stärkederivate können mit Hilfe von Enzymen (Amylasen), die die Depolymerisation der Stärkemakromoleküle katalysieren, entschlichtet werden. Die enzymatische Entschlichtung erfolgt in der Regel semi-kontinuierlich. Die heiße Entschlichtungs-Klotzflotte wird-foulardiert; zum enzymatischen Abbau wird die Ware bis zu 20 h aufgedockt. Anschließend werden die Stärkeabbauprodukte ausgewaschen.

Oxidatives Entschlichten

Das oxidative Entschlichten kann universell für alle Schlichtemitteltypen angewandt werden. Die Schlichtepolymere werden oxidativ, meist mit Persulfaten in wasserlösliche Abbauprodukte überführt.

Die Kombination der Peroxidbleiche und des oxidativen Entschlichtens in einem Verfahrensschritt ist möglich. Um Faserschädigungen zu vermeiden muss das oxidative Entschlichten unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden.

Wasserlösliche Schlichten(hauptsächlich auf synthetischen Fasern)

Wasserlösliche Schlichten (Polyvinylalkohole, modifizierte Stärken, modifizierte Cellulose, Polyacrylate und Polyesterschlichten) können mit Hilfe kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Wäschchen von der Rohware entfernt werden. Zum Teil erfolgt ein Waschmittelzusatz zu den heißen Waschflotten.

Entschlichtungsflotten können den Hauptteil der CSB-Last in Veredlungsbetrieben verursachen. Bei gewebeveredelnden Betrieben können bis zu 70% der CSB-Last des Gesamtabwassers von der Entschlichtung verursacht werden. In Abhängigkeit des Waschverfahrens sind CSB-Konzentrationen von 3.000 bis 80.000 mg O₂/l in den Entschlichtungsflotten festzustellen.

2.3.2.5 Alkalisches Abkochen

Um natürliche Verunreinigungen (Wachse, Pektine, Proteine, Metallsalze) aus Baumwollwaren und Baumwollmischungen zu extrahieren, werden sie diskontinuierlich oder kontinuierlich mit heißen, stark alkalischen Flotten behandelt. Neben Alkali (in der Regel wird Natriumhydroxid eingesetzt) werden Komplexbildner und Tenside in der Abkochflotte benötigt. Das Abwasser der Abkochflotten ist durch seine starke Alkalinität, die zum Teil nur schwer abbaubaren Tenside und Komplexbildner sowie eine relativ hohe CSB-Konzentration, die durch die abgelösten Faserbegleitstoffe verursacht wird, charakterisiert. CSB-Lasten zwischen 2.000 und 6.000 mg O₂/l sind typisch.

2.3.2.6 Bleichen

Natürliche und synthetische Fasern werden zur Erhöhung des Weissgrades und zur Vorbereitung auf das Färben und den Druck gebleicht. Beim Bleichen werden meist gelblich gefärbte Faserbegleitstoffe entfernt bzw. zerstört. Das Bleichen wird bei der Vorbehandlung von Weissware, aber auch bei Farbware, die mit hoher Brillanz oder in hellen Tönen gefärbt wird, durchgeführt. In der Regel besitzt Synthetik-Rohware bereits einen hohen Weissgrad. Für besondere Ansprüche (z. B. Gardinen) werden aber auch synthetische Fasern gebleicht. Das Bleichen kann in allen Aufmachungsstufen (Fasern, Kammzüge Garne und Flächengebilde) erfolgen. Kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren werden angewandt. Bleichverfahren bzw. die Bleichmittel sind substratspezifisch (siehe Tabelle 2.6):

Textiles Substrat/Bleichmittel	Peroxid	Natriumchlorit	Reduktiv
Cellulose	+	+	
Cellulose/Polyester	+		
Proteinfasern	+		+
Polyester		+	
Polyamide			+
Polyamide/Wolle	+*		+
Polyacrylnitril		+	
Celluloseester		+	
Viscose		+	
Elastane	+		+

Tabelle 2.6: **Bleichmittel *: Schutzmittel notwendig für Polyamide**

Peroxid-Bleiche

Bei der Wasserstoffperoxidbleiche stellt der aus Wasserstoffperoxid unter alkalischen Bedingungen erzeugte Sauerstoff das eigentliche bleichende Agens dar. Die Wasserstoffperoxidbleiche wird bei erhöhten Temperaturen (60 °C - 98 °C) unter alkalischen Bedingungen (pH ca. 12) durchgeführt. Abwasserrelevant ist der Alkaligehalt sowie die in den Bleichflotten verwendeten Komplexbildner

(Phosphonate, Polycarbonsäuren), Netzmittel und Peroxidstabilisatoren (Natriumsilikat). Der CSB-Gehalt der Bleichflotten, der in der Hauptsache durch die abgelösten Faserbegleitstoffe verursacht wird, liegt in einem Bereich zwischen 3.000 bis 10.000 mg O₂/l).

Chlorit-Bleiche

Bleichen mit Natriumchlorit wird unter sauren Bedingungen (pH 3-5) bei Temperaturen zwischen 70 °C und 95 °C durchgeführt. Die Bleichflotte enthält Puffersysteme und Natriumnitrat zur Korrosionshemmung. Bei ungenügender pH-Kontrolle kann hochtoxisches Chlordioxid freigesetzt werden. Die AOX-Bildung durch Chlorierungsreaktionen von organischen Verbindungen kann durch eine geeignete Prozessführung und vollständiger Reduktion des Chlorit-Überschusses nach der Beiche mit Reduktionsmitteln (meist auf Sulfitbasis) minimiert werden.

Das oxidative Bleichen mit Natriumhypochlorit ist in Deutschland aufgrund der hohen AOX-Belastung und Gehaltes an freiem Chlor in den abgelassenen Bleichflotten nicht gestattet.

Reduktive Bleiche

Die reduktive Bleiche wird mit Natriumdithionit und Natrium-Formaldehydsulfoxylaten durchgeführt.

2.3.2.7 Mercerisieren

Beim Mercerisieren wird Baumwoll- oder Baumwollmischware mit Hilfe starker Laugen unter Spannung behandelt. Das Mercerisieren erhöht die Farbstoffabsorption und die Höchstzugkraft des Textils. Eine Griffverbesserung, eine bessere Dimensionsstabilität und ein beständiger Glanz werden erreicht. Das Mercerisieren führt zu einer Veränderung der Kristallstruktur der Cellulosemoleküle und zu einem Quellen der Fasern. Das Mercerisieren kann auf der Rohware, nach dem Entschlichten, nach dem Entschlichten und Abkochen, nach dem Bleichen und nach dem Färben erfolgen. Webwaren werden in breiter Form mercerisiert; Strickwaren als Breit- oder Strangwaren. In der Regel wird das Mercerisieren mit einer heißen Natriumhydroxid-Flotte durchgeführt. Eine Anlage in Deutschland arbeitet nach dem Flüssig-Ammoniak-Verfahren das zu beständigeren Effekten und einem sehr weichen Griff führt. Typische Mercerisierrezepturen sind im Anhang II aufgeführt. Natriumhydroxid-Konzentrationen im Bereich zwischen 20% - 30% sind üblich.

Kontinuierliche Mercerisierverfahren bestehen aus den folgenden Verfahrensschritten:

- Foulardieren des Textils mit der Lauge
- Verstrecken des Textils
- Waschen (unter Spannung)
- Absäuern, Spülen.

Die hochkonzentrierten Restlaugen stellen die wesentliche Abwasserlast beim Mercerisieren dar.

2.3.2.8 Laugieren

Ähnliche Effekte wie beim Mercerisieren werden beim Laugieren erreicht. Im Vergleich zum Mercerisieren wird beim Laugieren das Textil spannungsfrei bei Temperaturen zwischen 10 °C und 15 °C mit einer starken Lauge behandelt. Das Verfahren bewirkt ein Schrumpfen des Textils. Die Abwasserbelastung ist vergleichbar zum Mercerisieren.

2.3.2.9 Optisches Aufhellen

Optische Aufheller (meist Stilben und Imidazol-Derivate) besitzen fluoreszierende Eigenschaften. Sie absorbieren ultraviolettes Licht und verleihen dem Textil eine bläuliche Färbung. Der Gelbton von Faserbegleitstoffen wird überkompensiert; ein sehr hoher Weissgrad sowie eine hohe Brillanz werden erreicht. Optische Aufheller können als „unsichtbare“ Direktfarbstoffe betrachtet werden. Die Applikation erfolgt einstufig oder während des Bleichens. Auch in der Ausrüstung können optische Aufheller aufgebracht werden. Optische Aufheller sind meist schwer biologisch abbaubar und zum Teil gewässertoxisch. Die Konzentration an optischen Aufhellern im Abwasser ist jedoch meist gering.

2.3.2.10 Waschen (synthetische Flächengebilde)

Um Präparationsmittel (Spinnpräparationen, Spul-, Schär- und Zwinröle etc.) sowie andere Verunreinigungen zu entfernen, werden synthetische Waren in der Vorbehandlung gewaschen. Die Wascheffizienz hängt von der Verweilzeit, dem Wasserdurchsatz, der Waschtemperatur und dem eingesetzten Waschmittel ab. In der Regel betragen die Waschtemperaturen 40-60°C. Beim Waschen wird ein relativ hohe CSB-Eintrag in das Abwasser festgestellt. Wenn Präparationsmittel auf Mineralölbasis ausgewaschen werden, werden Kohlenwasserstoffe, die bei der biologischen Abwasserbehandlung zu Problemen führen können, in das Abwasser eingetragen. Der intensive Informationsaustausch entlang der textilen Kette ist äußerst wichtig, um die optimalen Waschbedingungen festzulegen (Art und Menge an Tensiden, pH, Temperatur, Verweilzeit, Flottenaustausch etc.), eine hohe Wascheffizienz zu erreichen und die Abwasserlasten zu verringern.

2.3.2.11 Rohwollwäsche

Das Waschen von Rohwolle erfolgt an den Wollfasern, um pflanzliche Verunreinigungen, Wollfett und-schweiss zu entfernen. Die Rohwollwäsche wird nur in einem Betrieb in Deutschland durchgeführt. Sie ist Gegenstand eines eigenständigen BREF-Dokumentes [Lakin, 1999] und wird daher hier nicht weiter beschrieben.

2.3.2.12 Carbonisieren

Das Carbonisieren dient zur Entfernung von vegetabilischen Fasern und Verunreinigungen aus Wolle mittels starker Säuren (meist Schwefelsäure). Die Wolle kann als Flocke oder Stückware carbonisiert werden. Die folgenden Prozessschritte werden ausgeführt:

- Kontakt mit der Carbonisierflotte (bis zu 7% Schwefelsäure)
- Zentrifugieren oder Abquetschen
- Trocknen
- Brennen (bis zu 140 °C)
- mechanisches Entfernen der abgebrannten Bestandteile (Rumpeln)
- Neutralisation.

In das Abwasser werden Säure und cellulosische Abbauprodukte eingetragen, zudem treten Abluftbelastungen beim Brennen auf.

2.3.2.13 Crabben

Beim Crabben wird Wollware unter Spannung mit heißem Wasser behandelt und anschließend abgeschreckt. Das Flächengebilde wird fixiert, Faltenbildung und Filzneigung werden minimiert. Das Crabben kann auch nach dem Färben durchgeführt werden. Faserbegleitstoffe können in das Abwasser eingetragen werden.

2.3.2.14 Walken

Das Walken führt zu einem Schrumpf (gewollten Verfilzen) von Textilien aus tierischen Haaren (in der Hauptsache wird Schafswolle gewalkt). Das Material wird dichter, der Charakter des Textils ändert sich, ein voller Griff wird erreicht. Mechanische Behandlungen in einer feucht-warmen Atmosphäre (alkalische oder saure Flotte mit Walkhilfsmitteln) führen das Verfilzen herbei. Ca. 20% aller reinen Wollwaren sind gewalkt. Das Abwasser aus dem Walkprozess ist durch die Walkhilfsmittel (Tenside) und Faserbegleitstoffe, die während des Walkens von der Wolle abgelöst werden, belastet.

2.3.2.15 Filzfreiausrüstung

Das Filzen d.h. das Schrumpfen von Textilien aus tierischen Fasern wird durch die gleichgerichteten Schuppen auf der Faseroberfläche verursacht, wenn die tierischen Fasern in wässrigen Prozessen mechanisch beansprucht werden (z.B. beim Färben oder in Haushaltwäschen). Mit Ausnahme des Walkens ist das Verfilzen unerwünscht. Bei der Filzfreiausrüstung werden die Schuppen mit Hilfe von

filmbildenden Polymeren maskiert oder durch Oxidationsprozesse abgelöst. Beide Verfahren können kombiniert werden.

Die Behandlung von Wollkammzügen nach dem Chlor-Hercosett-Verfahren, das sich aus einer Chlorbehandlung und dem Auftrag von Polyamid-Epoxid-Copolymeren zusammensetzt, wird in Deutschland in zwei Betrieben durchgeführt. Das Abwasser des Chlor-Hercosett-Verfahrens ist AOX-belastet. Bei der oxidativen Filzfreiausrüstung von Flächengebilden sind die chlorierend wirkenden Textilhilfsmittel (meist auf Basis von Dichlorisocyanurat) für den AOX-Gehalt im Abwasser verantwortlich.

2.3.2.16 Chemische Reinigung

In Deutschland wird in einigen Betrieben als erster Schritt in der Vorbehandlung von Textilien aus Wolle, Wollmischungen und Elastanmischungen eine chemische Reinigung durchgeführt. Nebenprodukte aus der Wolle und aus synthetischen Fasern werden entfernt. Als Lösemittel wird Perchllorethylen verwendet. Die Vorteile beim Chemischen Reinigen sind die hohe Wascheffizienz und die nicht zur Verfilzung führenden Eigenschaften des Perchllorethylens. Die chemische Reinigung erfolgt in „geschlossenen Kreisläufen“. Das Lösemittel wird zurückdestilliert. Emissionen in die Abluft werden mit Hilfe von Aktivkohlefiltern minimiert.

2.3.3 Färben

Beim Färben werden die Textilien mit wässrigen Farbstofflösungen und einer Vielzahl an Chemikalien (Salze, Säuren etc.) und Färbereihilfsmitteln (Netzmittel, Dispergatoren, Egalisierungsmittel etc.) in Kontakt gebracht. Art und Menge an eingesetzten Farbstoffen, Chemikalien und Textilhilfsmitteln sind substratspezifisch und hängen zudem von der zu erzielenden Produktqualität -insbesondere den Echtheitsanforderungen - und den verwendeten Färbeaggregaten ab.

Das Färben mit Farbstoffen basiert auf physikalischen/chemischen Gleichgewichtsprozessen; Diffusions- und Sorptionsprozesse der Farbstoffmoleküle oder -ionen spielen eine große Rolle. Diesen Prozessen können chemische Reaktionen folgen. So reagieren Reaktivfarbstoffe kovalent mit der Faser, Metallkomplexfarbstoffe bilden Komplexstrukturen mit den Fasermolekülen aus, Küpen- und Schwefelfarbstoffe müssen reoxidiert werden. [Zollinger, 1987]. Das Färben kann kontinuierlich, semi-kontinuierlich oder diskontinuierlich im Ausziehverfahren erfolgen (siehe auch Kap. 2.3.7).

Auszieh färben

Beim Auszieh färben wird das Material mit der Färbeflotte, die in Wasser gelöste oder dispergierte Farbstoffe und Textilhilfsmittel enthält, in einer Färbemaschine in intensiven Kontakt gebracht. Die Farbstoffe ziehen aus dem Färbebad aus und absorbieren auf der Faser. Das Färbegleichgewicht hängt von der Temperatur, der Zeit, dem pH-Wert und den eingesetzten Textilhilfsmitteln ab. Nach dem Färben wird das ausgezogene Färbebad abgelassen. Es folgen Spül-, Seif- und spezielle Nachbehandlungsprozesse. Die Art und Anzahl der Nachbehandlungsprozesse ist von der Substratart, der zu erreichenden Qualität und den verwendeten Farbstofftypen abhängig. Das Färben von Flächengebilden kann in breiter Form oder als Strangware (Strangfärben) erfolgen. Die verschiedenen Auszieh-Färbeaggregate werden in Kap. 2.3.7 vorgestellt.

Wichtige Faktoren beim Auszieh färben, die sich unmittelbar auf den Verbrauch an Textilhilfsmitteln, Chemikalien und Farbmitteln aber auch den Wasser- und Energieverbrauch auswirken sind:

- Das Flottenverhältnis (kg zu färbendes Textil/l Färbeflotte)
- Das Färbeverfahren (Temperatur/Zeit-Kurven; bei Fasermischungen können Zweibad- oder Einbad-Methoden angewandt werden)
- Die Farbstoffklasse und die eingesetzten Textilhilfsmittel
- Der Ausziehgrad der Farbstoffe
- Die Anzahl von Spülbädern und die Art der Nachbehandlungsschritte

Semi-kontinuierliches Färben

Beim semi-kontinuierlichen Färben (pad-jig-, pad-batch- und pad-roll-Verfahren) wird das Flächengebilde im Foulard mit der Färbeflotte imprägniert und anschließend zur Fixierung der Farbstoffe auf der

Faser im Jigger behandelt (pad-Jig-Verfahren) oder unter langsamer Rotation mehrere Stunden aufgedockt. Wird bei Raumtemperatur aufgedockt spricht man vom pad-batch-Verfahren; beim pad-roll-Verfahren erfolgt das Aufdocken bei erhöhter Temperatur in einer Wärmekammer. Nach dem Fixierprozess wird das Textilgut meist in kontinuierlich arbeitenden Waschmaschinen nachgewaschen.

Kontinuierliches Färben

In kontinuierlichen Prozessen werden die Farbstoffe in einem Foulard auf die Waren aufgebracht. Der Fixierschritt mittels Chemikalien, Hitze oder Dampf und die Spülschritte erfolgen kontinuierlich und sind dem Imprägnierungsschritt direkt nachgeschaltet. Beim pad-steam-Verfahren (Klotz-Dämpfverfahren) erfolgt ein Dampfschritt zur Fixierung der Farbstoffe. Bei Thermosolprozessen, die bei der kontinuierlichen Färbung von Polyester mit Dispersionsfarbstoffen häufig Anwendung finden, erfolgt das Fixieren an einem Spannrahmen oder einer Hotflue-Anlage.

Abwasserlasten beim Färben werden durch die Restklotzflotten aus den kontinuierlichen und semi-kontinuierlichen Verfahren, den ausgezogenen Färbebädern, Spülbädern und Nachbehandlungsbädern verursacht. Die ausgezogenen Färbebäder und Spülbäder enthalten den nicht fixierten Anteil der Farbstoffe. Zudem sind in den Abwässern bei der Ausziehfärberei alle eingesetzten Chemikalien zu nahezu 100% wiederzufinden. Bis auf einige Ausnahmen (z.B. Carrier, Nachbehandlungsmittel, Avivagen) verbleiben auch die eingesetzten Färbereihilfsmittel praktisch vollständig in der Färbeflotte.

Bei Abwässern aus der Textilfärberei müssen im Wesentlichen die folgenden Einträge in den Abwasserpfad berücksichtigt werden:

- Schwermetallgehalt, bei Verwendung bestimmter Farbstofftypen (Metallkomplexfarbstoffe und phthalocyaninhaltige Farbmittel)
- AOX-Eintrag aus den Farbmitteln
- Hohe Salzfrachten (insbesondere bei der Reaktivfärberei)
- Organische CSB-Lasten (CSB ausgezogener Färbebäder: ca. 400 bis 10.000 mg O₂/l (stark abhängig von Farbstoffklasse); CSB Rest-Farbklotzflotten: 10.000 bis 100.000 mg)

Die Farbigkeit von Abwässern aus der Textilveredlungsindustrie ist in Deutschland insbesondere, wenn Reaktivfarbstoffe, die bei der biologischen Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen nur ungenügend am Belebtschlamm adsorbiert werden, eingesetzt werden, eines der größten Umweltprobleme.

Neben dem Eintrag über den Wasserpfad gelangen einige Färbereihilfsmittel (z.B. Carrier), die teilweise vom Färbebad auf das Textil aufziehen, bei den anschließenden Trocknungs- oder Fixierprozessen in die Abluft und verursachen einen Eintrag an Organisch-C in den Abluftpfad.

2.3.4 Textildruck

Vielfarbige Musterungen können durch das Bedrucken der Textilien mit Farbstoffen hergestellt werden. Die wichtigsten Grundprinzipien beim Textildruck sind:

- der Direktdruck
- der Ätzdruck
- der Reservedruck

Der Direktdruck ist die am häufigsten verwendete Methode im Textildruck. Er wird auf ungefärbtem oder bereits in helleren Farbtönen uni-gefärbtem Fond ausgeführt (Überdruck-Verfahren).

Beim Ätzdruck wird eine vorgefärbte Ware mit einer farbstoffzerstörenden Druckpaste bedruckt, die dem Druckmuster entsprechend zu Weisseffekten (Weissätze) oder mit Zusatz ätzbeständiger Farbstoffe zu Bunteffekten (Buntätze) führt.

Beim Rervedruck wird zunächst eine Druckpaste (Reserve) aufgedruckt. Die aufgetragene Druckreserve verhindert bei einem anschließenden Färbeprozess an diesen Stellen das Anfärben der textilen Fläche.

Das Bedrucken kann mit Hilfe verschiedener Auftragstechniken erfolgen:

- Rouleauxdruck
- Flachschaablonendruck
- Rotationsschaablonendruck
- Transferdruck
- Ink-jet Druck

Der Rouleauxdruck zählt zu den Tiefdruckverfahren. Der Flachschaablonendruck (auch Filmdruck oder Siebdruck) ist dadurch gekennzeichnet, dass die Musterübertragung auf das Textil mittels Flachschaablonen erfolgt, in denen das Druckmuster als durchlässige Stellen eines Siebes enthalten ist. Der Rotationsschaablonendruck ist eine Weiterentwicklung des Flachschaablonendrucks. Als Schablonen für die Musterübertragung werden Hohlzylinder (Rundschablonen) aus Metall verwendet. Ein kontinuierlicher Druckvorgang ist möglich.

Beim Transferdruck, der in der Hauptsache auf Polyester ausgeführt wird, entstehen während des Textildrucks nahezu keine Abluft- oder Abwasserbelastungen. Die Muster werden im Transferdruck von einem Trägermaterial (meist Papier) unter Einwirkung von Hitze und Druck auf das Textil übertragen.

Der Ink-jet-Druck auf Textilien entspricht in seiner Verfahrensweise etwa dem Tintenstrahldruck auf Papier. Diese Technik wird gegenwärtig für kleine Metragen und Bemusterungen durchgeführt (siehe auch 6.2.6.1).

Zur Herstellung der Druckpaste werden die Farbstoffe unter Zusatz eines Verdickers, der die Viskosität der Paste regelt und weiterer Hilfsmittel in Wasser gelöst bzw. dispergiert (zu Druckpastenrezepturen siehe 3.3.2.3). Dem Druckprozess folgt ein Trocknungsschritt sowie die Druckfixierung (Dämpfprozesse oder Kondensierprozesse beim Pigmentdruck). Mit Ausnahme des Pigmentdruckes erfolgt anschließend die Drucknachwäsche und ein Trocknungsschritt (siehe Abbildung 2.11).

Der Pigmentdruck stellt mit einem weltweiten Anteil von ca. 50% das bedeutendste Druckverfahren dar. Die beim Pigmentdruck eingesetzten Pigmente besitzen keine Affinität zur Faser. Daher müssen Binde- und Fixiermittel der Druckpaste hinzugefügt werden. Vorteil des Pigmentdruckes ist der Wegfall der Drucknachwäsche. Eine typische Druckpastenrezeptur für den Pigmentdruck enthält Wasser, Emulgiermittel, Verdicker, Pigment-Dispersion, Weichmacher, Binder und Fixiermittel. Der Benzindruck, mit seinen erheblichen Anteilen an Kohlenwasserstoffen in der Pigmentdruckpaste, die beim Trocknen und Fixieren einen signifikanten Organisch-C-Belastung verursachen, wird in Deutschland nicht mehr eingesetzt. Gegenwärtig übliche Pigmentdruckpasten enthalten jedoch zum Teil noch bis zu 10% Kohlenwasserstoffe.

Die Abwasserlast beim Textildruck entsteht durch die Drucknachwäsche (Ausnahme Pigmentdruck), den Rest-Druckpasten (CSB-Konzentrationen 50.000 bis 300.000 mg O₂/l) sowie durch die Reinigung des Druckgeschirrs und die Druckdeckenwäsche. Neben einer hohen organischen Belastung des Abwassers wird meist ein hoher Stickstoff-Gehalt in Abwässern der Textildruckereien beobachtet, der aus Harnstoffzusätzen zu den Druckpasten herrührt. Beim Pigmentdruck werden während des Trocknens und Kondensierens Ammoniakemissionen (aus Zersetzungsreaktionen des Harnstoffs), Formaldehydemissionen (aus Fixiermitteln) und Organisch-C-Belastungen (Kohlenwasserstoffgehalt der Druckpasten) festgestellt.

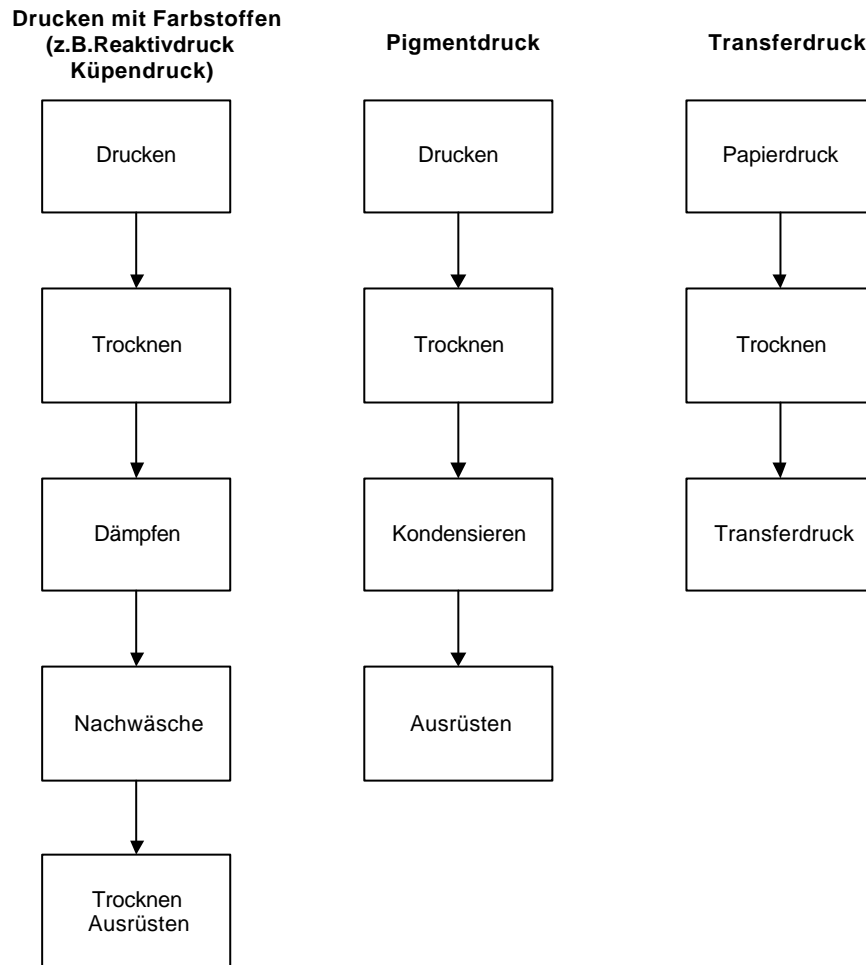


Abbildung 2.11: Prozessschritte beim Drucken

2.3.5 Ausrüsten

Die Ausrüstung (auch Appretur) umfasst alle Veredlungsverfahren, die dazu dienen, den Textilien (Fasern, Garnen und Flächengebilden) einen bestimmten Charakter und die gewünschte Funktionalität zu verleihen. Mechanische, thermische und chemische Verfahren sind möglich (siehe Abbildung 2.12). Einige Veredlungsschritte sind substratspezifisch (z.B. Pflegeleichtausrüstung für Baumwolle; Antistatikausrüstungen für Materialien aus Synthetikfasern).

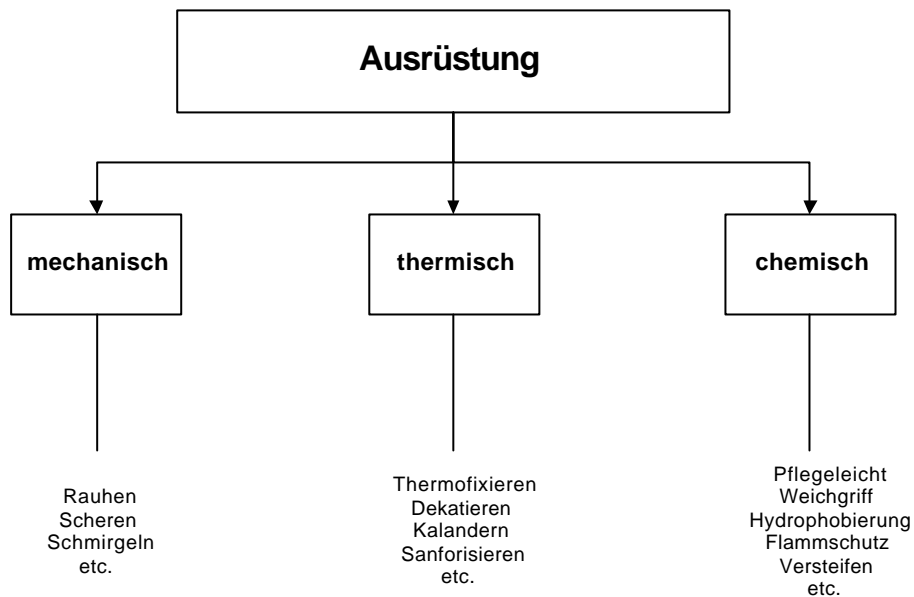


Abbildung 2.12: Veredlungsverfahren

2.3.5.1 Mechanische Verfahren

Die mechanische Ausrüstung ist mit relativ geringen Umweltauswirkungen verbunden. Bei abtragenden Verfahren (Rauhen, Scheren, Schmiegeln etc.) entstehen textile Stäube. Das Pressen (Kalandern) wird zur Erreichung eines speziellen Glanzes des Textils angewendet. Der Energieverbrauch und die Lärmentstehung sind bei mechanischen Ausrüstungsprozessen meist nicht zu vernachlässigen.

2.3.5.2 Thermische Verfahren

2.3.5.2.1 Thermofixieren

Das Thermofixieren kann als letzter Ausrüstungsschritt (Endfixieren) erfolgen. Auch die Fixierung von Rohware (Rohfixieren) und das Zwischenfixieren (z.B. nach Waschprozessen oder nach dem Färben) ist möglich. Zu den Abluftbelastungen beim Thermofixieren siehe Kap. 2.3.2.2.1.

2.3.5.2.2 Andere thermische Behandlungen

Dämpfen, Dekatieren, Kalandern, Sanforisieren und weitere Verfahren mit Wärme, Dampf oder heißem Wasser sind im Hinblick auf den Energieverbrauch relevant. Emissionen in den Abwasser- oder Abluftpfad sind meist vernachlässigbar.

2.3.5.3 Chemische Verfahren

In der chemischen Ausrüstung werden Textilhilfsmittel mittels Auftragsverfahren (meist Foulardieren (siehe 2.3.7)) appliziert. In der Regel erfolgt meist direkt anschließend ein kontinuierlicher Trocknungsprozess bzw. das Auskondensieren an einem Spannrahmen (siehe Abbildung 2.13). Meist wird eine Mischung verschiedener Textilhilfsmittel appliziert; dadurch erreicht man multifunktionale Effekte. Typische Ausrüstungs-Rezepturen sind unter Punkt 3.5.4.1.1 zusammengefasst. Die wesentlichen Veredlungseffekte sind:

- Pflegeleichtausrüstung (Knitter- und Krumpffreiausrüstung))
- Weichgriff-Ausrüstung
- Griffgebende Ausrüstung (Füll- und Versteifungsmittel)
- Hydrophob- und Oleophob-Ausrüstung
- Flammschutzausrüstung

- Antielektrostatische Ausrüstung
- Antibakterielle Ausrüstung

Die Trocknung der aufgetragenen Textilhilfsmittel erfolgt bei ca. 120 °C. Die Auskondensation wird bei Temperaturen zwischen 150 °C und 180 °C durchgeführt.

Die Abluftbelastung bei Ausrüstungsprozessen rührt von flüchtigen Substanzen, die entweder aus Verunreinigungen oder Nebenprodukten, Lösemitteln oder Restmonomergehalten in den Textilhilfsmitteln oder den Aktivsubstanzen in den Hilfsmitteln selbst stammen. Auch aus vorgelagerten Prozessen verschleppte Stoffe (Präparationsmittel und bestimmte Einsatzstoffe beim Färben und Drucken) können beim Trocknen/Kondensieren in der Ausrüstung emissionsrelevant sein. Die Abwasserbelastung in der Veredlung wird durch hochkonzentrierte Restflotten aus den Auftragseinheiten verursacht (CSB-Konzentrationen zwischen 5.000 und 200.000 mg O₂/l sind möglich). Die Restflotten besitzen in der Regel eine geringe biologische Abbaubarkeit.



Abbildung 2.13: Moderner Spannrahmen in der Textilveredlungsindustrie

2.3.6 Beschichten und Laminieren

Beschichtete und laminierte Textilien sind aus einem textilen Substrat (Web-, Strick- Wirk- oder Vliesware) und einem dünnen, flexiblen Film aus natürlichen oder synthetischen Polymeren aufgebaut.

Beim Beschichten werden Streichmassen (viskose Polymerlösungen oder -dispersionen oder Schmelzen) oder Beschichtungspulver auf das Textil aufgebracht. Der Auftrag erfolgt mittels Rakeln, Spritz- Druck- und Walzenschmelzverfahren.

Lamine bestehen aus einem textilen Substrat, das mit einem vorgefertigten Polymerfilm oder einer Membran mit Hilfe von Klebstoffen oder Wärme und Druck zusammengefügt werden. Zum Teil werden auch mehrere Textilsubstrate und Folien zusammengefügt.

Beschichtungs- und Laminierungsanlagen bestehen aus den folgenden Segmenten:

- Abrollvorrichtung für das zu beschichtende/laminierende Textil
- Auftragseinheit für die Beschichtungsmasse oder die Folie/Membran
- Trocken- bzw. Gelierkanal für die beschichtete Ware
- Aufwickelvorrichtung

Weitverbreitet ist auch das Flammkaschieren von Schäumen. Thermoplastische Schäume werden über eine Gasbrennerleiste geführt. Die Gasflamme schmilzt den Schaumstoff oberflächlich an, durch anschließenden Druck erfolgt eine feste Verbindung mit dem Textil.

Das Beschichten, Laminieren und Flammkaschieren verursacht Abluftbelastungen, die aus den eingesetzten Beschichtungsmitteln und deren Neben-, Reaktions- und Crackprodukten herrühren. Typisch sind Ammoniak- und Formaldehydemissionen aber auch Emissionen der nicht vollständig umgesetzten Monomere (Styrol, Butadien, Acrylate (siehe 3.5.8)). Das Abwasser kann durch hochkonzentrierte Beschichtungs-Restflotten belastet sein.

2.3.7 Überblick über die Applikationsverfahren in der Textilveredlung

Nachfolgend wird ein kurzgefasster Überblick über die am häufigsten in der Vorbehandlung, Färberei und Ausrüstung eingesetzten Aggregate gegeben. Unterschiedliche Substrate, Produktanforderungen und betriebliche Strukturen bestimmen den Maschinenpark. Die Nassprozesse in Vorbehandlung, Färbung und Ausrüstung können diskontinuierlich, semi-kontinuierlich oder kontinuierlich ausgeführt werden (siehe schematische Darstellungen in Abbildung 2.14- Abbildung 2.16).

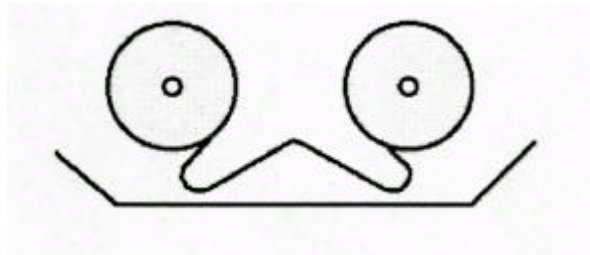


Abbildung 2.14: Beispiel für einen diskontinuierlichen Prozess (Jigger). Das Textil wird mehrmals abgewickelt, in die Flotte getaucht und auf eine zweite Aufwickelwalze aufgerollt.

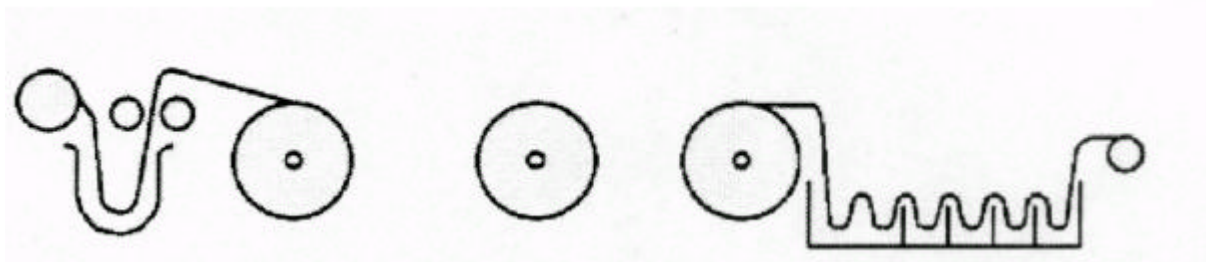


Abbildung 2.15: Semi-kontinuierlicher Prozess. Die Flotte wird in einem Foulardsystem appliziert; der Flottenüberschuss mittels Quetschwalzen entfernt; das Material wird für einige Stunden aufgedockt und anschließend gewaschen/nachbehandelt.

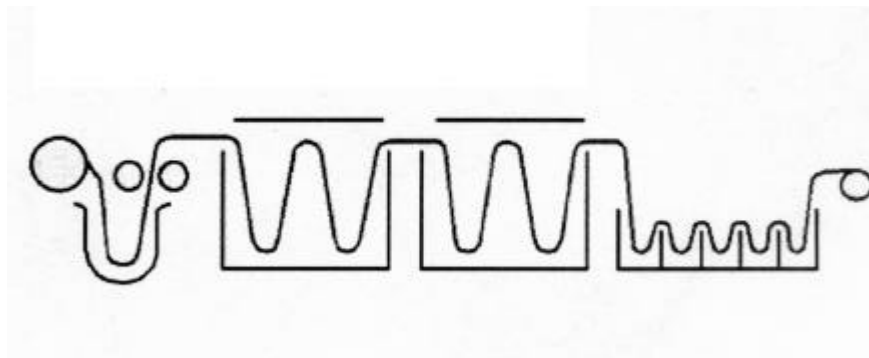


Abbildung 2.16: Kontinuierlicher Prozess. Imprägnierung, Fixieren (Dämpfen) und Auswaschen [BFBW, 2000]

2.3.7.1 Diskontinuierliche Verfahren (Ausziehverfahren)

Diskontinuierliche Verfahren werden in der Vorbehandlung und beim Auszieh färben angewandt. Drei unterschiedliche Aggregat-Typen werden eingesetzt:

- ruhendes Textilgut – bewegte Flotte (z.B.: Baumfärbeapparate, Kreuzspulfärbeapparate)
- bewegtes Textilgut – ruhende Flotte (Jigger und Haspeln)
- bewegte Textilware – bewegte Flotte. In kontinuierlichen Waschmaschinen wird die Ware und die Flotte meist im Gegenstromprinzip geführt. Bei Färbemaschinen ist das Gleichstromprinzip vorherrschend; die Zirkulation des Textilguts wird durch die zirkulierende Flotte (Jet- und Overflow-Färbemaschinen) oder mittels Druckluft erreicht (Airflow-Färbemaschinen).

Das Flottenverhältnis kennzeichnet bei Ausziehverfahren das Verhältnis von Warengewicht (kg) zu Flottenmenge (l). Optimierte Ausziehverfahren werden mit einem minimierten Flottenverhältnis durchgeführt. Dadurch werden Einsparungen beim Verbrauch an Textilhilfsmitteln, Frischwasser und Energie erzielt; die Prozesszeiten können verkürzt werden.

Das Flottenverhältnis ist vom Aggregattyp abhängig und nimmt in der Regel in der untenstehenden Reihenfolge ab:

- Haspelkufen
- Baumfärbeapparate
- Jigger
- Overflow- und Jet-Färbemaschinen
- Airflow-Färbemaschinen

Das Flottenverhältnis ist zu einem großen Ausmaß von der Art des zu behandelnden Substrates und von den Anforderungen an das zu veredelnde Textil abhängig. So sind z.B. bei der Verarbeitung von Wolle und Wollmischungen relativ große Wassermengen d. h. Flottenverhältnisse notwendig. Da in Deutschland immer mehr Klein- und Kleinstmengen verarbeitet werden, wird oft die optimale Maschinenbeladung nicht erreicht. Dadurch sind die praxisüblichen Flottenverhältnisse meist größer als die vom Anlagenbauer angegebenen Werte.

2.3.7.2 Imprägnierverfahren

Das Foulardieren (Tauchen der Ware in einer Imprägnierflotte und Führen durch den Walzenspalt einer Abquetschvorrichtung) ist die am meisten verbreitete Imprägniertechnik in der Textilveredlung.

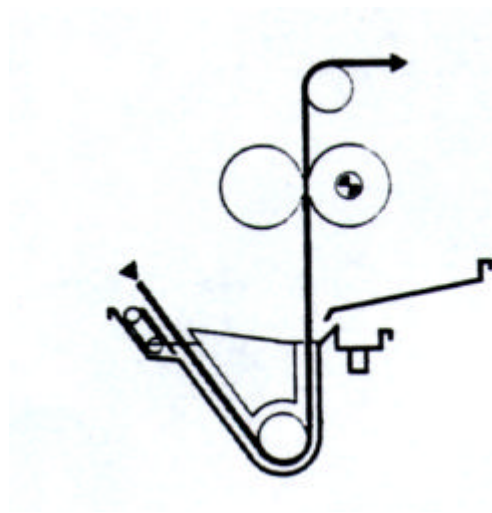


Abbildung 2.17: Typische Foulardiervorrichtung

Abwasserbelastungen werden durch Restflotten, die aus den Foulardtrögen abgelassen werden, verursacht. Die Minimierung der Volumina der Foulardtröge ist daher von besonderem Interesse. Alternati-

ve Auftragstechniken werden hier nicht nicht detailliert beschrieben. Mit dem sogenannten flex nip-Verfahren, der Schaumapplikation und dem Sprühauftrag können Minimalauftragsverfahren und damit Einsparungen an Hilfsmitteln und Energie realisiert werden.

2.3.8 Überblick über Trocknungsverfahren

Trocknungsprozesse werden mit Ausnahme sogenannter Nass-in-Nass-Verfahren, welche mit mechanisch entwässerten Textilien ohne Zwischentrocknungsschritt ausgeführt werden, nach jedem Nassprozess und als letzter Schritt in der Ausrüstung - oftmals kombiniert mit der Thermofixierung - durchgeführt. Thermische Trocknungsschritte sind im Allgemeinen sehr energieintensiv. Die Trocknungstemperatur und das Verschleppen von Stoffen aus vorgelagerten Prozesse bestimmen die Abluftbelastung bei thermischen Trocknungsverfahren.

2.3.8.1 Mechanisches Entwässern

Das mechanische Entwässern des Textilguts vor einem thermischen Trocknungsschritt ist sehr energieeffizient. Die Reduzierung der Warenfeuchte erlaubt kürzere Trocknungszeiten bei der thermischen Behandlung. Auch bei Nass in Nass-Verfahren werden, um den Wassereintrag in nachfolgende Bäder zu minimieren, mechanische Entwässerungsverfahren angewandt.

Folgende Methoden werden eingesetzt:

- Abquetschfoulards
- Absaugvorrichtungen
- Schleudern

2.3.8.2 Thermisches Trocknen

Je nach Art der Wärmezuführung unterscheidet man in:

- Konvektionstrocknung (Spannrahmen, Hot flue, Siebtrommeltrockner, Tumbler, Garntrocknungsapparate)
- Kontaktstrocknung (Kalander, Zylindertrockner)
- Infrarottrocknung
- Hochfrequenz-Trockner

Die Beheizung kann indirekt mit Thermoölen, Dampf oder Heißwasser oder direkt – meist mit Erdgas oder Propan/Butan erfolgen.

2.4 Literatur

[BFBW, 2000]

Berufliche Fortbildungszentren der Bayerischen Wirtschaft

CORNELIA Web based training, Online Seminar, 2000. <http://www.bfz.de>

[Bremen, 2000]

Bremer Baumwollbörse, D-Bremen

<http://www.baumwollboerse.de/cotton>

[BW, 1998]

N.N.

Bekleidung Wear (1998) 15

[Chem, 1998]

Chemikalienverbotsverordnung, 22.12. 1998

[Dollacker, 1996]

Dollacker, A.

Rolle des Pflanzenschutzes im Baumwollanbau

Melliand 74 (1996) 829-834

[Ebner 1988]

Ebner, G.; Schelz, D.

Textilfärberei und Farbstoffe. Springer-Verlag, Berlin, 1988

[EnviroTex, 1998]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Minderung von Emissionen bei der Verarbeitung von synthetischen Textilmaterialien in der Textilveredlung durch integrierte Maßnahmen in der textilen Herstellungskette – am Beispiel Garnpräparation und Caprolactam.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
D-München (1998)

[EnviroTex, 1994]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionen von Synthesefasern.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
D-München (1994)

[EnviroTex, 1996a]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Wirk-/Maschenwarenprojekt.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
D-München (1996)

[EnviroTex 1996b]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionsbeitrag von Präparationen.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen,
D-München (1996)

[EnviroTex, 1996c]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionsverhalten elastischer Maschenstoffe bei thermischer Behandlung.

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, D-Düsseldorf (1996)

[Lakin, 1999]

Lakin, W.H. (Interlaine IPPC/Best Available Techniques Working Group)

Best Available Techniques in Wool Scouring, 1999

[Rouette 1995]

Rouette, H.K.

Lexikon der Textilveredlung. Laumann-Verlag, Dülmen, 1995

[Schulze, 1996]

Schulze-Rettmer, R.

Textilveredlung 31 (1996) 13 – 18

[TEGEWA, 1987]

Zur Nomenklatur der Textilhilfsmittel, Leder- und Pelzhilfsmittel, Papierhilfsmittel und Tenside

TEGEWA, Frankfurt/Main, 1987

[Thier-Grebe, 2000]
Thier-Grebe, R; Rabe, M.
Polyester mit neuem Titandioxid-Katalysator
Melliand 81 (2000) 977-980

[THK, 2000]
Textilhilfsmittelkatalog (THK 2000)
Melliand, TEGEWA, Deutscher Fachverlag, Frankfurt/Main, 1999

[Wulfhorst, 1998]
Wulfhorst, B.
Textile Fertigungsverfahren. Carl Hanser Verlag, München, 1998

[Zollinger, 1987]
Zollinger, H.
Color Chemistry. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1987

3 GEGENWÄRTIGE EMISSIONS- UND VERBRAUCHSWERTE

In der Textilveredlungsindustrie haben die Abwasseremissionen normalerweise die höchste Umweltrelevanz. Die meiste Information ist für diesen Emissionsmassenstrom verfügbar. Menge und Zusammensetzung von Textilabwasser hängt stark von der Aufmachungsart, der Art des Textilsubstrates und der angewandten Prozesse und eingesetzten Chemikalien ab. Trotzdem ist es möglich, die einzelnen Arten von Textilveredlungsbetrieben in verschiedenen Gruppen zusammenzufassen (Tabelle 3.1). Die spezifischen Emissionsfaktoren werden anhand der Jahres-Massenstromübersichten gebildet (vergleiche Abbildung 1.9). Sie beziehen sich auf den ganzen Standort. Innerhalb dieser Gruppen sind die Betriebe in erster Näherung vergleichbar. Solcherlei Vergleichsdaten ermöglichen eine grobe Bewertung des Emissionsniveaus eines bestimmten Betriebes sowie die Verifizierung von gegebenen Daten. Allerdings erlauben sie keine Diskussion kleiner Unterschiede der Emissionswerte von TVB einer Gruppe.

Gruppe	Anzahl
Veredler von Flockematerial aus CV, PES, PAC und Co	2
Veredler von Garn aus überwiegend Co	3
Veredler von Garn aus überwiegend PES	4
Veredler von Garn aus überwiegend Wo, CV und PAC	5
Veredler von Maschenware aus überwiegend Co	17
Veredler von Maschenware aus überwiegend Co mit relevanter Druckereiabteilung	12
Veredler von Maschenware aus überwiegend Synthefasern	11
Veredler von Maschenware aus überwiegend Wo	1
Veredler von Gewebe aus überwiegend CO und CV	13
Veredler von Gewebe aus überwiegend CO und CV mit relevanter Druckereiabteilung	6
Veredler von Gewebe aus überwiegend Wo	2
Veredler von Gewebe aus überwiegend PA	1
Veredler von Teppichen	2
Summe	79

Tabelle 3.1: 13 Gruppen für 79 Textilveredlungsbetriebe (TVB), für die Daten verfügbar sind

Soweit Daten für den Verbrauch an Energie und Chemikalien verfügbar sind, werden sie unter den vorgenannten Gruppen präsentiert. Bezüglich dem Chemikalienverbrauch werden drei Klassen gebildet: Farbmittel (Farbstoffe und Farbpigmente), Textilhilfsmittel (Definition: Alle Produkte, die hauptsächlich organische Komponenten enthalten) und Textilgrundchemikalien (alle anorganischen Chemikalien, organische aliphatische Säuren, organische Oxidations- und Reduktionsmittel sowie Harnstoff). Dabei ist die Tatsache zu betonen, dass die Berechnungen auf der sogenannten "Telquel"-Basis durchgeführt wurden. Dies bedeutet, dass die Mengen fertig formulierter Produkte, so wie sie der Textilveredlungsbetrieb vom Lieferanten einkauft, berücksichtigt wurden und so das Wasser von wäßrigen Formulierungen einfließt. Dies kann zu Unterschieden führen: Setzt beispielsweise ein TVB hauptsächlich wäßrige Farbstoffformulierungen ein (oft der Fall bei großen TVB) ist der spezifische Farbstoffverbrauch höher als wenn er hauptsächlich Pulver- oder granuliert Farbstoffe verwendet. Außerdem liegen Informationen zum Chemikalienverbrauch nur von wenigen TVB vor. Die berichteten Werte sind jeweils typisch, aber von TVB zu TVB können deutliche Unterschiede auftreten.

Im Anschluß an die vorgelegten standortbezogenen Emissions- und Verbrauchsniveaus werden Informationen auf Prozessebene vorgestellt.

Die Daten für die Abgasemissionen sind dagegen in einem separaten Kapitel enthalten (Kapitel 3.5). Es erscheint klarer, diese Daten zusammenhängend und kompakt in einem Kapitel zu berichten als jeweils für die einzelne TVB-Art wie es für das Abwasser erfolgt.

Informationen zum Abfall werden ebenfalls in einem separaten Kapitel vorgestellt (Kapitel 3.6).

3.1 Flocke- und Garnveredlung

Flockematerial und Garne (in der Regel als Strang oder Kreuzspule) wird üblicherweise in einem Apparat veredelt. In dem alle Veredlungsschritte wie Vorbehandlung, Färben und Ausrüstung durchgeführt werden.

3.1.1 Standortbezogene Input- und Outputdaten

3.1.1.1 TVB, die überwiegend Flockematerial aus CV, PES, PAC und/oder CO veredeln

Für diese TVB-Gruppe ist nur Information zu den Abwasseremissionen verfügbar. Die Werte sind in Tabelle 3.2 zusammengestellt. Wegen der kleinen Flottenverhältnisse und der kleinen Anzahl an Prozessbädern ist der spezifische Abwasseranfall niedrig. Die Werte in Tabelle 3.2 werden von [FhG-ISI, 1997] bestätigt. In diesem Bericht werden für drei weitere entsprechende TVB Werte zwischen 14 und 18 l/kg berichtet.

	Spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	34	1945	67	850	29			12,4	0,4		14,9	40					1,2	41	0,13	5			0,71	25
TVB 2	10	1300	13	370	4												0,05	0,5	0,2	2	<0,02	<0,2	0,3	3

Tabelle 3.2: Konzentrationenwerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von zwei TVB, die Flockematerial aus CV, PES, PAC und BW veredeln

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.1.1.2 TVB, die überwiegend Baumwollgarn veredeln

Tabelle 3.3 enthält die Konzentrationswerte und Faktoren für die Abwasseremissionen von drei TVB, die überwiegend Baumwollgarn veredeln. Die Werte für den spezifischen Abwasseranfall variieren von zehn bis 120 l/kg. Diese Werte werden von [FhG-ISI, 1997] bestätigt. Dort werden niedrigere und höhere Werte (68, 73, 78, 83, 120, 128, 149, 181, 271 l/kg) berichtet. Der sehr hohe Wert von 271 l/kg stammt von einem TVB, der weniger als 0,5 t/d veredelt und ist kritisch zu hinterfragen. Die wichtigsten Einflußfaktoren auf den Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall sind das Flottenverhältnis der Apparate, die Aufmachungsart der Garne (Strang oder Spule, wobei die Veredlung von Strängen einen deutlich höheren Wasserverbrauch aufweist), die Retourenrate, die Maschinenbeladung (oft ist die Beladung nicht optimal, d.h. die Menge an Textilsubstrat ist zu klein für die gegebene Maschine; da die Partiegrößen immer kleiner werden, ist dies immer häufiger der Fall) und der Prozesssequenz, die hauptsächlich von den eingesetzten Farbstoffen und den Qualitätsanforderungen abhängt. Z.B. benötigt das Färben von Baumwollgarn mit Entwicklungsfarbstoffen deutlich mehr Wasser (mehr Flotten) als Färbungen mit Reaktivfarbstoffen. Im Falle von Reaktivfarbstoffen sind die CSB-Emissionsfaktoren deutlich niedriger (um 70 g/kg, vergleiche TVB 1 und TVB 2 in Tabelle 3.3), während im Falle von Küpenfarbstoffen höhere Werte bestimmt werden (fast 100 g/kg, vergleiche TVB 3). Das Färben mit Küpenfarbstoffen benötigt mehr Textilhilfsmittel, insbesondere Dispergiermittel. Alle anderen Werte in Tabelle 3.3 sind unauffällig und benötigen keinen spezifischen Kommentar.

Abbildung 3.1 visualisiert die Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der Baumwollgarn veredelt. Da überwiegend Küpenfarbstoffe eingesetzt werden, ist der CSB-Anteil, der aus den Farbstoffen herrührt, relativ hoch. Dies ist durch den Gehalt an Dispergiermitteln in den Farbstoffen bedingt. In Pulver- und Granulat-Formulierungen beträgt ihr Anteil 30-50%. Die Dispergiermittel verbleiben im ausgezogenen Färbebad und tragen wesentlich zur CSB-Fracht im Abwasser bei. Bezüglich der Textilhilfsmittel tragen vor allem zusätzlich eingesetzte Dispergiermittel sowie Egalisiermittel und Waschmittel zum CSB bei.

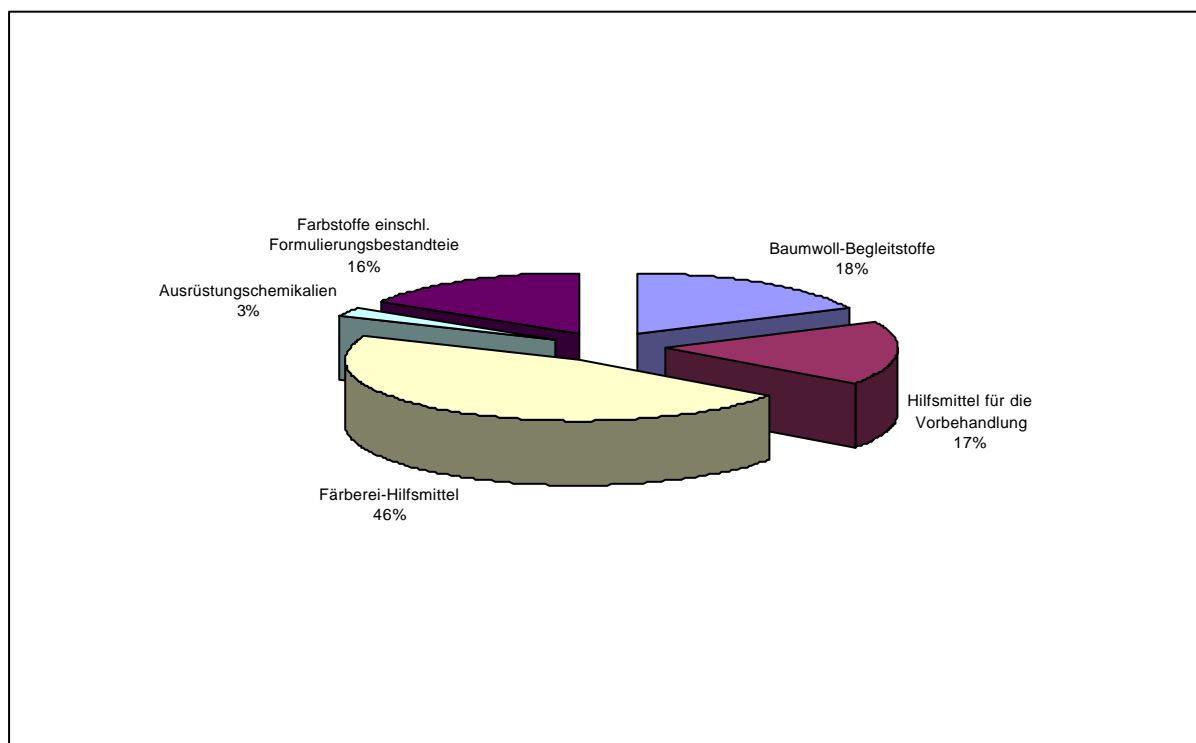


Abbildung 3.1: Beispiel für die typische Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der Baumwollgarn veredelt und hauptsächlich mit Küpenfarbstoffen färbt

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Die Werte für ein typisches Beispiel sind:

- Farbstoffe:	25	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	70	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	430	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte von TVB zu TVB differieren.

Im Falle von Reaktivfärbungen ist der Verbrauch an Textilgrundchemikalien wegen des Einsatzes großer Neutralsalzmengen höher.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch liegt um 11 kWh/kg, während der Verbrauch an Elektrizität um 2 kWh/kg (Daten von zwei TVB).

	spec. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	105	690	73	260	27			<0,5	<0,05		7	27,3					0,19	20					0,32	34
TVB 2	108	632	69	160	17			1,2	0,1		6,2	33,5					0,12	13	<0,05	<6			<0,1	<11
TVB 3	120	805	97	200	24	0,36	0,04			9,8			0,6	0,07	11,1	1,3	0,13	16						

Tabelle 3.3: Konzentrationenwerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von drei TVB, die hauptsächlich Garn aus CO veredeln
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.1.1.3 TVB, die hauptsächlich Polyestergarn veredeln

Tabelle 3.4 enthält die Konzentrationswerte und Faktoren für Abwasseremissionen von vier TVB, die hauptsächlich Polyestergarn veredeln. Die Werte für den spezifischen Abwasseranfall schwanken zwischen 65 und 148 l/kg. Der höhere Wert ist von einem TVB, der Garn auch in Strangform veredelt, wozu mehr Wasser benötigt wird (höheres Flottenverhältnis); außerdem veredelt dieser TVB auch etwas Baumwollgarn, das mercerisiert und mit Entwicklungsfarbstoffen gefärbt wird, was zu einem relativ hohen Wasserverbrauch führt. Die genannten Werte werden von [FhG-ISI, 1997] bestätigt. Dort werden von drei weiteren TVB, die hauptsächlich Polyestergarn veredeln Werte von 63, 86 und 122 l/kg berichtet. Die Werte liegen im gleichen Bereich wie die TVB, die überwiegend Baumwollgarn veredeln.

Die Veredler von Polyestergarn haben höhere CSB-Emissionsfaktoren (97-124 g/kg) als die Baumwollgarnveredler. Der Grund dafür liegt in der Verwendung von Dispergiermitteln, die in den Farbstoffen enthalten sind und teilweise auch zusätzlich dosiert werden. Üblicherweise bestehen diese Dispergiermittel aus Naphthalinsulfonsäuren-Formaldehyd-Kondensationsprodukten und Ligninsulfonaten, die biologisch schwer bis nicht abbaubar sind. Zusätzlich kann die Entfernung von Präparationsmitteln zu höheren CSB-Emissionen führen. Wie in Anhang I erwähnt bestehen die Präparationsmittel oft aus hoch-ausraffinierten Mineralölen, die über den Parametern Mineralöl erfasst werden. Für einen TVB liegt ein Wert vor, der die Emission von Mineralöl anzeigt (19 mg/l für TVB 3, was mit einem Emissionsfaktor von 1,2 g/kg korreliert; dieser Faktor entspricht einem spezifischen CSB von etwa 3 g/kg).

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Bereiche sind:

- Farbstoffe:	18 - 36	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	80 - 130	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	90 - 125	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von individuellen Verhältnissen können die Werte für andere Polyestergarnveredler differieren.

Im Falle der Anwendung von großer Mengen an wässrigen Formulierungen von Avivagemitteln kann der Verbrauch an Textilhilfsmitteln bis zu 175 g/kg betragen.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch liegt im Bereich von 11-18 kWh/kg. Der höhere Wert ist im Falle eines TVB, der auch eine Spinnerei, Zwirnerei und Spulerei besitzt. Der Verbrauch an Elektrizität liegt bei 1-2 kWh/kg (Daten von zwei TVB).

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	125	870	109	139	17	0,7	0,09			8,2	1,9	23,9	31,2	3,9	13	1,6								
TVB 2	65	1917	124			1,26	0,08	19	1,2			26,3												
TVB 3	66	1520	101	380	25	0,45	0,03			7,7	5,0	44,2	8,2	0,5	17,3	1,2								
TVB 4	148	655	97	169	25	0,65	0,1			8,6	3,0	34,6	7,6	1,1	9,5	1,4	0,05	7						

Tabelle 3.4: **Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von vier TVB, die hauptsächlich Garn aus PES veredeln**
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.1.1.4 TVB, die hauptsächlich Garn aus WO, PAC und/oder CV veredeln

Tabelle 3.5 enthält die Konzentrationswerte und Faktoren für die Abwasseremissionen von fünf TVB, die hauptsächlich Garn aus Wolle, Polyacrylnitril und ihre Mischungen sowie Viscose und seine Mischungen mit Wolle und Polyacrylnitril veredeln. Die Werte für den spezifischen Wasserverbrauch variieren zwischen 74 und 212 l/kg, was eine recht große Schwankungsbreite darstellt. Die CSB-Emissionsfaktoren liegen im gleichen Bereich wie für TVB, die Baumwollgarn veredeln. Gleichsam liegen die anderen Werte im gleichen Bereich wie die für die anderen Garnveredler.

Hervorzuheben ist jedoch der Gehalt an Chrom, der wegen der Anwendung von Chromkomplexfarbstoffen und Nachchromierungsfarbstoffen deutlich höher sein kann. Im Fall von hohen Anteilen von Wolle in Abhängigkeit von den Färbemethoden kann der Chromkonzentrationswert beträchtlich schwanken. Das gleiche gilt für den Emissionsfaktor für Chrom, der Werte bis nahezu 100 mg/kg erreichen kann (vergleiche TVB 5 in Tabelle 3.5)

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Bereiche sind:

- Farbstoffe:	13 - 18	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	60 - 90	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	180 - 325	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte für andere vergleichbare TVB differieren.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch liegt im Bereich von 4-17 kWh/kg. Der höhere Wert stammt von einem TVB, der auch eine Spinnerei, Zwirnerei und Spulerei betreibt (Daten von drei TVB). Der Elektrizitätsverbrauch liegt zwischen 0,9-6,5 kWh/kg; der höhere Wert betrifft den Betrieb, der die vorgenannten zusätzlichen Prozesse betreibt.

	spez.	CSB		BSB ₅		AOX		KW		pH	L	T	NH ₄		org.N		Cu		Cr		Ni		Zn	
	Q _{AW}	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak				Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak		
	[l/kg]	[mg O ₂ /l]	[g/kg]	[mg O ₂ /l]	[g/kg]	[mg Cl/l]	[g/kg]	[mg/l]	[g/kg]		[mS/cm]	[°C]	[mg/l]	[g/kg]	[mg/l]	[g/kg]	[mg/l]	[mg/kg]	[mg/l]	[mg/kg]	[mg/l]	[mg/kg]		
TVB 1	120	590	71	190	23																			
TVB 2	212	480	102	170	36	0,4	0,08			7,7			4,6	1	11,2	2	0,02	4	0,03	6				
TVB 3	167	584	97	265	44	0,76	0,1			6,9	4,4	41			16,6	2,8	<0,01	<2	<0,1	<17	<0,1	<17	0,63	105
TVB 4	66	782	52	355	23					7,3									0,38	25				
TVB 5	74	1023	78	220	16	0,17	0,01			6,8	1,4				22,8	1,7			1,2	89	< 0,01	< 0,7	0,47	35

Tabelle 3.5: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von fünf TVB, die hauptsächlich Garn aus WO/PAC/CV veredeln

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.1.2 Prozessspezifische Input-/Outputdaten für Garnveredler

Prozessspezifische Informationen werden für alle Arten von Garnveredlern unterbreitet, um Wiederholungen zu vermeiden bzw. zu minimieren. Da die Abwasseremissionen am bedeutendsten sind, betreffen die Angaben vor allem diesen Emissionsmassenstrom. Im folgenden werden detaillierte Informationen für das Auszieh färben von Garn aus Viscose, Polyester und Baumwolle dargelegt. Im Anschluß daran folgen spezifischere Angaben über den Einsatz von Chemikalien.

Informationen über Abgasemissionen liegen nur sehr begrenzt vor, werden aber als vernachlässigbar angesehen.

Die Veredlung von Garnen erfolgt in Färbeapparaten, meist im Strang oder als Kreuzspule, in denen alle Veredlungsschritte (Vorbehandeln, Färben und Ausrüsten) durchgeführt werden. Diese diskontinuierliche Färbeweise wird als Auszieh färben bezeichnet. In vielen Fällen wird die Vorbehandlung nicht separat, sondern gleichzeitig mit dem Färben durchgeführt.

Die Belastung der einzelnen Flotten schwankt stark. Im folgenden wird die Belastung der einzelnen Flotten für jeweils eine gesamte Prozesssequenz anhand von drei Beispielen dargestellt. Die bestimmten Parameter sind dabei CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Farbigkeit (bestimmt als spektrale Absorptionskoeffizienten, auch Durchsichtsfarbzahl (DFZ) genannt, bei den Wellenlängen 435 nm, 500 nm und 620 nm):

- Auszieh färbung von Viscosegarn auf Kreuzspulen mit Reaktivfarbstoffen (Tabelle 3.6)
- Auszieh färbung von Polyestergarn auf Kreuzspulen mit Dispersionsfarbstoffen (Tabelle 3.7)
- Auszieh färbung von Baumwollgarn auf Kreuzspulen mit Küpenfarbstoffen (Tabelle 3.8)

Lfd. Nr.	Flottenbezeichnung	CSB [mg O ₂ /l]	pH-Wert	Leitfähigkeit [mS/cm]	Temperatur [°C]	DFZ 435 nm [1/m]	DFZ 500 nm [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogene Färbeflotte	3170	10,2	35,1	48	27	13	2
2	Spülflotte	550	10,1	11,7	42	14	10	3
3	Neutralis.flotte	1220	4,4	3,8	44	4	4	1
4	Seifbad	4410	6,2	2,4	57	16	11	4
5	Spülflotte	1040	7,1	0,9	59	7	5	3
6	Spülflotte	320	7,3	0,5	60	10	8	5
7	Spülflotte	190	7,4	0,3	49	7	6	4
8	Ausrüstung (Weichmachen)	790	4,4	0,6	35	0	0	0

Tabelle 3.6: Flottensequenz und Analysenwerte für CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Farbigkeit einer Auszieh färbung von Viskosegarn mit Reaktivfarbstoffen auf Kreuzspulen – [UBA, 2000]

Lfd. Nr.	Flottenbezeichnung	CSB [mg O ₂ /l]	pH-Wert	Leitfähigkeit [mS/cm]	Temperatur [°C]	DFZ 435 nm [1/m]	DFZ 500 nm [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Vorbehandlungsflotte	610	7,4	20	134	3,9	2,7	1,4
2	Ausgezogene Färbeflotte	10320	5,0	3,4	130	290	375	125
3	Spülflotte	1310	7,2	0,6	85	51	78	8,6
4	Reduktive Nachreinigung	3610	9,5	6,1	89	18	11	6,3
5	Spülflotte	615	9,2	1,4	84	6,3	4,2	2,7
6	Spülflotte	140	8,6	0,5	66	0,9	0,7	0,3
7	Ausrüstung (Weichmachen)	2100	7,2	0,5	55	23,6	17,9	11,8

Tabelle 3.7: Flottensequenz und Analysenwerte für CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Farbigkeit einer Ausziehfarbung von Polyestergerarn mit Dispersionsfarbstoffen auf Kreuzspulen – mit Vorbehandlungsflotte – [UBA, 2001]

Lfd. Nr.	Flottenbezeichnung	CSB [mg O ₂ /l]	pH-Wert	Leitfähigkeit [mS/cm]	Temperatur [°C]	DFZ 435 nm [1/m]	DFZ 500 nm [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogene Färbeflotte	14340	12,9	46	70	254	191	190
2	Spülen im Überlauf	6120	12,6	24	46	95	59	59
3	Zwischenreinigung	1900	12,2	12,7	34	9	8	7
4	Oxidationsflotte	4780	11,7	5,6	51	4	3	2
5	Spülflotte	580	10,6	2	32	1	1	1
6	Seifflotte I	1510	10	2,3	55	4	4	5
7	Spülflotte	230	9,3	1,5	36	2	2	2
8	Seifflotte II	860	10,1	3,4	74	4	3	2
9	Spülflotte	47	8,9	1,2	37	1	1	1
10	Spülflotte	27	8,5	1	31	0,5	0,5	0,4
11	Ausrüstung (Weichmachen)	1740	4,7	1,2	45	17	11	6

Tabelle 3.8: Flottensequenz und Analysenwerte für CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Farbigkeit einer Ausziehfarbung von Baumwollgerarn mit Küpenfarbstoffen auf Kreuzspulen – [UBA, 2001]

Es muss betont werden, dass die vorgenannten Beispiele ausgewählt wurden, um das Prinzip der Flottensequenz und der unterschiedlichen Belastungen aufzuzeigen. Die Flottensequenz kann nicht direkt auf jeden anderen Garnveredler übertragen werden. Je nach Verfahren können zusätzliche Spülflotten auftreten, im Falle von Küpenfärbungen kann eine Seifflotte ausreichend sein, Baumwollgerarn kann auch mercerisiert werden, es erfolgt keine Ausrüstung etc.. Die Beispiele verdeutlichen jedoch das Prinzip. Sie erklären, wie Ausziehfarbungen von Garn mit Reaktivfarbstoffen, Dispersionsfarbstoffen und Küpenfarbstoffen in der Praxis durchgeführt werden. Im Falle der Applikation anderer Farbstoffarten wie z.B. von Entwicklungsfarbstoffen kann die Flottensequenz abweichen.

Die Werte in den Tabellen von Kapitel 3.1 (Tabelle 3.2 – Tabelle 3.5) sind mit den Werten für das Gesamtabwasser eines TVB ermittelt worden. Deshalb sind die dort enthaltenen CSB-Konzentrationen

deutlich niedriger als die höchsten Werte der einzelnen Flotten, was in der Regel in ausgezogenen Färbebäder sind. Weiterhin ist die CSB-Konzentration der ausgezogenen Färbeflotten von Reaktivfärbungen deutlich niedriger als von Küpen- und Dispersionsfärbungen. Der Hauptgrund dafür ist der Einsatz von Dispergiermitteln, die für das Färben mit den wasserunlöslichen Dispersions- und Küpenfarbstoffen benötigt werden. Nachbehandlungsflotten für das Entfernen von unfixierten Farbstoffen (Seifflotten, Zwischenreinigungsflotten, reduktive Nachbehandlungsflotten) weisen auch erhöhte CSB- und DFZ-Werte auf. Die CSB-Werte von Ausrüstungsflotten indizieren, dass der Ausziehgrad von Ausrüstungsmitteln niedrig liegen kann. Im Gegensatz zu den vorgenannten Flotten sind die Spülflotten niedriger belastet, bis zu 10-100 Mal niedriger als die am höchsten belastete Flotte. Diese Tatsache bedingt den Ansatz, das Spülen zum einen zu optimieren und zum anderen die niedrig belasteten Spülflotten zu recyclieren.

3.1.3 Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen

Bezüglich der eingesetzten Chemikalien in TVB ist vielfach die Aussage zu lesen, dass sehr viele Produkte appliziert werden. Die Auswertung der eingesetzten Stoffe auf Jahresbasis ergibt in der Regel eine hyperbolisch verlaufende Verbrauchskurve. Ein Beispiel für, einen Polyester-Garnveredler enthält Abbildung 3.2

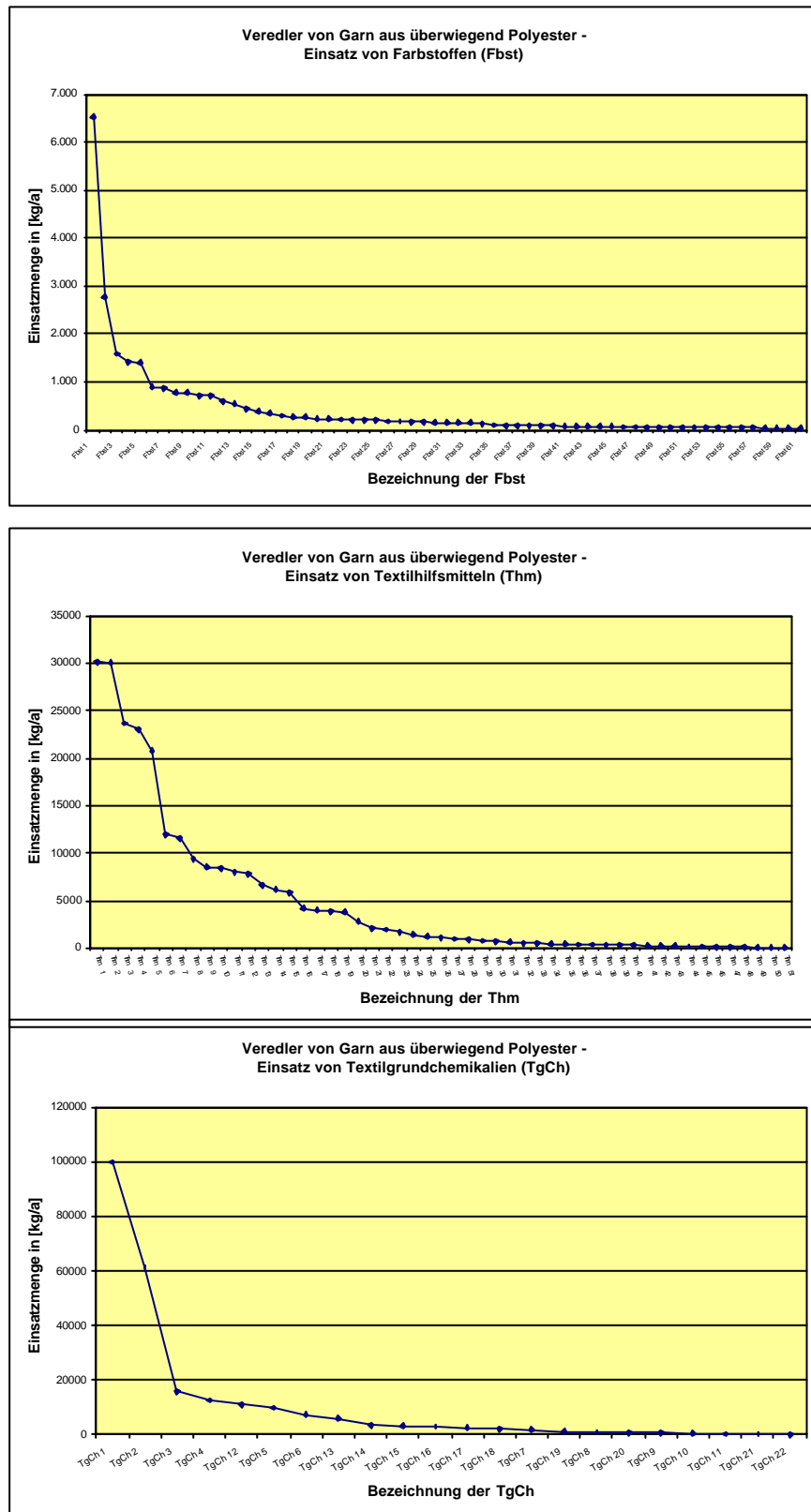


Abbildung 3.2: Typische hyperbolisch verlaufende Kurven für den Verbrauch von Farbstoffen, Textilhilfsmitteln und Textilgrundchemikalien eines TVB; hier für einen TVB, der hauptsächlich PES-Garn veredelt – nach [UBA, 2001]

3.2 Veredelung von Maschenware

Die grundlegenden Prozesse für das Veredeln von Maschenware sind bereits in Kapitel 2 enthalten. Für das weitere Verständnis wird nachfolgend nochmals die grundsätzliche Prozesssequenz dargestellt.

3.2.1 Standortbezogene Input-/Output-Daten

3.2.1.1 TVB, die hauptsächlich Baumwoll-Maschenware veredeln

Die typische Prozesssequenz für das Veredeln von Baumwoll-Maschenware ist in Abbildung 3.3 wiedergegeben.

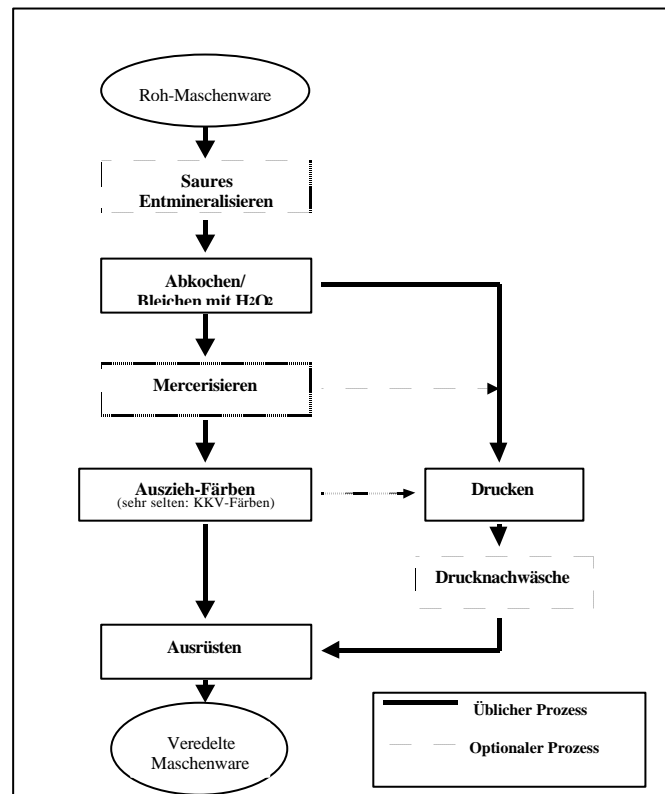


Abbildung 3.3: Typische Prozesssequenz für die Nassprozesse für das Veredeln von Maschenware, die hauptsächlich aus Baumwolle besteht

Die mechanischen und thermischen Prozessschritte sind nicht dargestellt. Die gepunktete Linie deutet Prozesse an, die nicht in jedem Fall durchgeführt werden. Insbesondere die saure Endmineralisierung wird nur in einigen Fällen praktiziert; ebenso die Mercerisation. Im Falle von Maschenware werden zum Drucken hauptsächlich Farbpigmente eingesetzt. Für diesen Pigmentdruck ist keine Drucknachwäsche erforderlich. Letztere wird aber benötigt für das Drucken mit Reaktivfarbstoffen, Dispersionsfarbstoffen und Küpenfarbstoffen.

In wenigen großen TVB wird das alkalische Abkochen und Bleichen kontinuierlich praktiziert, während es in den meisten Betrieben diskontinuierlich durchgeführt wird. Heute wird in Deutschland nur noch mit Wasserstoffperoxid gebleicht.

In Tabelle 3.9 sind die Daten für die Abwasseremissionen von 17 TVB, die Maschenware aus überwiegend Baumwolle verarbeiten, zusammengestellt. Diese TVB haben keine Druckereiabteilung. Die Schwankungsbreite für den spezifischen Abwasseranfall ist relativ klein (60 – 136 l/kg). Allerdings bestehen zwei extreme Ausnahmen am unteren und oberen (21 und 216 l/kg, vergleiche TVB 9 und 17

in Tabelle 3.9). TVB 9 mit 21 l/kg führt nur alkalisches Abkochen und Bleichen in kontinuierlicher Weise durch, was den sehr niedrigen spezifischen Abwasseranfall als auch die höchste CSB-Konzentration erklärt. Die Gründe für den sehr hohen Abwasseranfall von TVB 17 ist in hohen Qualitätsanforderungen (mehr Spülflotten) sowie in der hohen Retourenrate begründet.

Die CSB-Emissionsfaktoren liegen überraschenderweise in einem schmalen Bereich (70 – 85 g/kg). Nur TVB 9, der ausschließlich abkocht und bleicht weist einen niedrigeren Wert auf (48 g/kg). Für die TVB 10, 11 und 16 liegen höhere Werte vor (107, 108 und 97 g/kg), weil diese Betriebe auch einen Teil Gewebe veredeln, was zu höheren CSB-Emissionen führt. Außerdem veredelt TVB 10 auch Maschenware aus Polyester, was ebenfalls höhere CSB-Emissionfaktoren ergibt. Letzteres ist auch verantwortlich für den erhöhten Kohlenwasserstoffgehalt im Abwasser (Konzentrationen > 20 mg/l). Die Ursache dafür ist die Entfernung von Präparationsmitteln, die hauptsächlich aus Weißölen (hochausraffinierte Mineralöle) bestehen (vergleiche Anhang I). Kohlenwasserstoffkonzentrationen zwischen 10 und 20 mg/l können auch in TVB auftreten, die ausschließlich Baumwolle verarbeiten. Jedoch liegen die Werte normalerweise unter 10 mg/l.

Die Werte für Schwermetalle sind alle unauffällig niedrig.

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Werte sind:

- Farbstoffe:	18	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	100	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	570	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte für andere vergleichbare TVB differieren.

Der sehr hohe spezifische Verbrauch von Textilgrundchemikalien ist auf den Einsatz von großen Mengen Neutralsalzen (NaCl oder Na₂SO₄) für das Ausziehfarben mit Reaktivfarbstoffen (um 400 g/kg) zurückzuführen.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch liegt im Bereich von 6 -17 kWh/kg. Der höhere Wert ist für den Fall gegeben, dass ein TVB auch eine Spinnerei und Spulerei betreibt. Der Verbrauch an Elektrizität beträgt 1-3 kWh/kg (Daten von neun TVB).

3.2.1.2 TVB mit relevanter Druckereiabteilung, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Baumwolle besteht

Für solche TVB, die hauptsächlich Baumwoll-Maschenware veredeln und eine relevante Druckereiabteilung haben, sind die Werte in Tabelle 3.10 zusammengestellt. Dabei praktizieren die meisten TVB Pigmentdruck. Heutzutage wird der Pigmentdruck nicht mehr mit benzinhaltigen Druckpasten durchgeführt.

Mit Ausnahme von TVB 3 führen alle dargestellten TVB keine Vorbehandlung durch, sondern drucken auf druckfertig vorbehandelte Maschenware.

Im Falle von Pigmentdruck fällt Abwasser nur im Zuge der Druckgeschirrwäsche (Reinigung von Schablonen und Rakeln) sowie, im Falle von Rotationsfilmdruck und Flachfilmdruck, aus der Druckdeckenwäsche an. Alle TVB behandeln ihr Abwasser und einige von ihnen führen auch einen Teil zurück.

Vor diesem Hintergrund wird der sehr niedrige spezifische Abwasseranfall verständlich, der üblicherweise deutlich unter 10 l/kg liegt. Ausnahmen sind TVB 3, der auch eine Vorbehandlung der Maschenware durchführt, sowie TVB 6, der neben Pigmentdruck auch Reaktivdirektdruck praktiziert und deshalb einen Teil der Ware nachwäscht.

Informationen zum Einsatz von Chemikalien, zum Energieverbrauch und zum Anfall von Abfällen sind nicht verfügbar.

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	67	1210	81	409	27			9,3	0,6		3,5	34,0					< 0,1	< 7	< 0,1	< 7			0,2	13
TVB 2	60	1340	81	622	37			18,9	1,1		4,4	30,2					0,11	7	< 0,1	< 6			0,33	20
TVB 3	101	748	76	174	18			8,3	0,8		6,5	38,1					0,23	23	< 0,05	< 5			0,37	37
TVB 4	67			444	30			5,0	0,3		4,6	36,0					< 0,05	< 4	< 0,05	< 4			0,1	4
TVB 5	78	931	73	289	23			23,7	1,9		10,1	33,8					0,12	9	< 0,1	< 8			0,2	16
TVB 6	79	954	75	408	32			21,9	1,7		4,7	33,0					< 0,1	< 8	< 0,1	< 8			0,14	11
TVB 7	120	673	80	175	21			6,8	0,8		8,1	35,1					0,19	23	< 0,05	< 6			0,1	12
TVB 8	77	1010	77	453	35			19,2	1,5		2,9	28,6					< 0,1	< 8	< 0,1	< 8			0,2	15
TVB 9	21	2281	48	788	17			11,2	0,2		2,7	39,1											0,37	8
TVB 10	71	1502	107	671	48			32,0	2,3		3,8	29,3					0,22	16	0,2	14			0,26	19
TVB 11	133	814	108	218	29			6,1	0,8		2,26	21					0,25	33	< 0,05	< 0,7				
TVB 12	75	804	60					0,9	0,07		6,3	20							< 0,1	< 8			< 0,1	< 8
TVB 13	88	911	80	390	34			14,3	1,3		6,1	24					< 0,1	< 9	< 0,1	< 9			0,12	11
TVB 14	136	439	60	127	17			6,2	0,8		5,1	31					0,11	15	< 0,1	< 14			0,12	16
TVB 15	87	658	57	259	23			18,5	1,6		11,1	30			25	2,2	< 0,1	< 9					0,2	17
TVB 16	96	1004	97	166	16	0,3	0,03						9	0,9	14,3	1,4								
TVB 17	216	390	84	112	24	0,21	5	6,1	1,3				1	0,2	22	5	0,3	65					0,3	65

Tabelle 3.9: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von siebzehn TVB, die hauptsächlich Baumwoll-Maschenware veredeln

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	6	233	1,4	105	4,4			0,9	0,06		1,3	11,9					< 0,05	< 0,3	< 0,05	< 0,3			0,19	1
TVB 2	15	391	5,9					0,3	0,005		1,0	18,9					< 0,1	< 1,5	< 0,1	< 1,5			< 0,1	< 1,5
TVB 3	42	170	7,1					1,2	0,05		2,6	16,2					< 0,1	< 4	< 0,1	< 4			0,3	13
TVB 4	1,1	296	0,3					0,7	0,001		0,7	17,2					< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			< 0,1	< 0,1
TVB 5	0,4	376	0,2					1,0	0,0004		3,0	10,6					< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,02			< 0,1	< 0,04
TVB 6	35	17	0,6					0,2	0,007		2,6	17,2					< 0,1	< 4	< 0,1	< 4			< 0,1	< 4
TVB 7	0,4	1027	0,4					10,3	0,004		1,3	14,5					0,1	0,04	< 0,1	< 0,04			0,1	0,04
TVB 8	2	639	1,3					14,4	0,03		1,4	15,9					0,6	1,2						
TVB 9	0,9	713	0,6								0,9	13,2					0,07	0,06	< 0,1	< 0,1			< 0,1	< 0,1
TVB 10	2	666	1,3					1,7	0,003		3,3	19,0					< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,2			< 0,1	< 0,2
TVB 11	2	351	0,7					0,9	0,002		1,3	17,6					< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,2			0,3	0,6
TVB 12	3	1196	3,3					11,2	0,03		1,1	17					< 0,1	< 0,3	< 0,1	< 0,3			0,2	0,6

Tabelle 3.10: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von zwölf TVB, die hauptsächlich Baumwoll-Maschenware bedrucken

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.2.1.3 TVB, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Synthefasern besteht

Die typische Prozesssequenz für die Veredelung von Maschenware aus Synthefasern ist in Abbildung 3.4 dargestellt. Die Prozesse in gepunkteten Linien werden nicht immer angewandt. Rohfixierung wird teilweise durchgeführt und kann zu beträchtlichen Abgasemissionen führen durch das Verdampfen von Kohlenwasserstoffen, die aus Präparationsmitteln herrühren. Vor dem Färben wird die Ware üblicherweise durch Waschen vorbehandelt, wodurch die Präparationsmittel und Schmutz entfernt werden. Abhängig von der benötigten Qualität kann auch ein Bleichvorgang erforderlich sein.

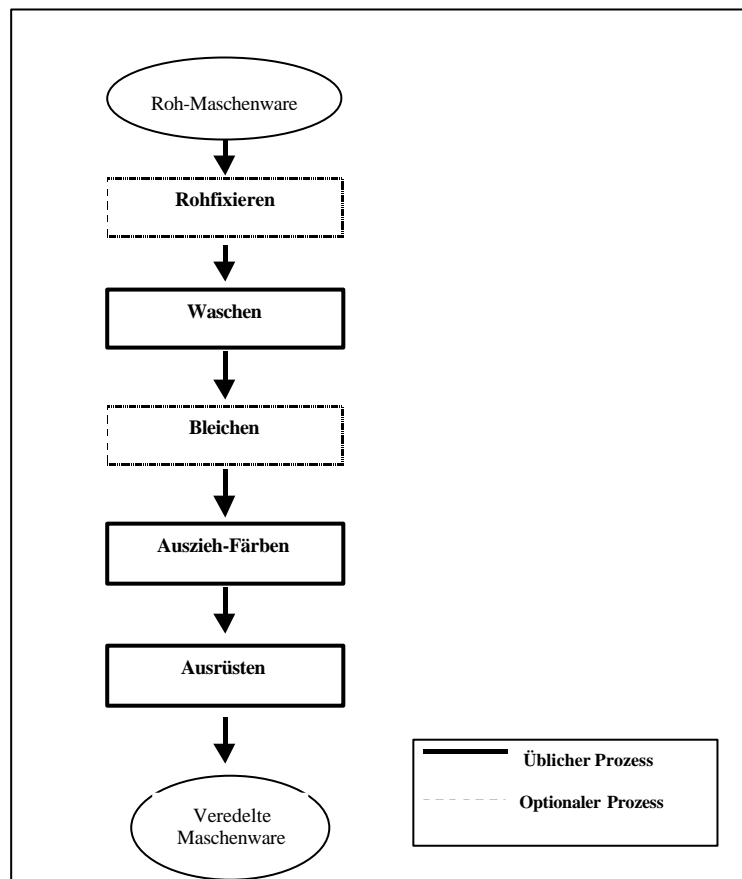


Abbildung 3.4: Typische Prozesssequenz für die Nassprozesse beim Veredeln von Maschenware, die hauptsächlich aus Synthefasern besteht

Nach Tabelle 3.11 ist die Schwankungsbreite für den spezifischen Abwasseranfall groß (35-229 l/kg). Der niedrigere Wert gilt für die Fälle, in denen die Veredelung in automatisierten Maschinen mit niedrigem Flottenverhältnis und kleiner Flottenzahl durchgeführt wird. Der hohe Wert tritt in solchen Fällen auf, in denen TVB ältere Maschinen im Einsatz haben und kleine Partiegrößen mit nicht optimalen Flottenverhältnissen veredelt werden.

Die niedrigen CSB-Emissionsfaktoren sind typisch für TVB, die hauptsächlich Polyamid verarbeiten. Wegen der Präparationsmittel ist die Emission von Kohlenwasserstoffen deutlich höher im Vergleich zu TVB, die hauptsächlich Baumwolle veredeln.

Auch für diese Art von TVB sind die Schwermetallemissionen unauffällig niedrig.

Abbildung 3.5 zeigt die Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der Maschenware veredelt, die hauptsächlich aus Polyamid und Polyamid/Elastan-Mischungen besteht. Der Anteil an Präparationsmitteln ist bedeutend, obwohl der TVB zu einem großen Anteil Rohfixierung durchführt, wobei die Präparationsmittel, die auf Mineralölbasis sind, verdampfen. Trotzdem tragen die Färbereihilfsmittel wegen der Egalisiermittel und Waschmittel am meisten zur CSB-Fracht bei. Im Falle von

Polyamid 6 ist auch Caprolactam im Abwasser vorhanden; im vorliegenden Fall mit einem Anteil von 4% an der gesamten CSB-Fracht.

Zusammensetzung der CSB-Fracht eines TVB, der PA-Maschenware veredelt

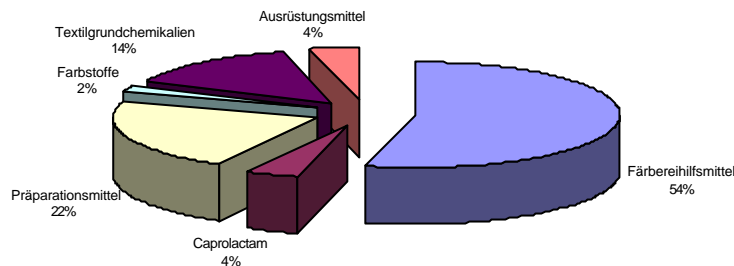


Abbildung 3.5: Typisches Beispiel für die Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der Maschenware veredelt, die hauptsächlich aus Polyamid besteht; die Prozentsätze sind kalkuliert anhand der Informationen aus Sicherheitsdatenblättern und bekannten/angenommenen Retentionsfaktoren; die Werte sind verifiziert mit vorliegenden Messwerten für die CSB-Konzentration und daraus berechneten CSB-Frachten

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Bereiche sind:

- Farbstoffe:	15 - 50	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	45 - 150	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	50 - 280	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte für andere vergleichbare TVB differieren.

Die ziemlich großen Bereiche reflektieren das große Spektrum verschiedener Prozesse und Prozesssequenzen.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch liegt im Bereich von 3,5-17 kWh/kg. Der höhere Wert gilt für TVB, die auch eine Spinnerei und Wirkerei besitzen. Der Elektrizitätsverbrauch liegt bei 1,5-6 kWh/kg; der höhere Wert gilt für TVB, die auch Spinnerei und Wirkerei besitzen (Daten von drei TVB).

3.2.1.4 TVB, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus Wolle besteht

Nur von einem TVB sind Daten über Abwasseremissionen verfügbar. Das gleiche gilt für den Energieverbrauch.

Die genaue Prozesssequenz dieses Betriebes ist nicht bekannt.

Tabelle 3.12 enthält die Werte für die Abwasseremissionen. Der spezifische Abwasseranfall und auch die restlichen Parameter weisen auf keine wesentlichen Unterschiede hin im Vergleich zu TVB, die Baumwolle oder synthetische Fasern verarbeiten.

Informationen über eingesetzte Chemikalien liegen nicht vor.

Der gesamte spezifische Energieverbrauch ist mit 67 kWh/kg sehr hoch bei einem spezifischen Elektrizitätsverbrauch von 9,5 kWh/kg. Der Grund dafür ist der Energieverbrauch für die ebenfalls betriebene Spinnerei, Zwirnerei, Spulerei und Wirkerei.

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	117	1003	117	271	32			60	7		3,2	29,3					< 0,05	< 6					0,16	19
TVB 2	173	379	65	184	32			4,9	0,8		4,1	29,1					0,06	10	< 0,1	< 17			0,05	9
TVB 3	81	1045	84	384	31			57,1	4,6		1,0	39,8					0,09	7	0,15	12			0,07	6
TVB 4	77	3590	277	855	66	4,3	0,33				2,2		2	0,15	15	1,2	< 0,09	< 7	< 0,05	< 4				
TVB 5	127	911	116	242	31	0,3	0,04	26,9	3,4						16,5	2,1	0,09	11	0,14	18				
TVB 6	89	890	79	246	22	0,34	0,03			7,3	1,7		6	0,5	18,2	1,6								
TVB 7	35	2170	76	252	9																			
TVB 8	229	384	88	95	22					9,2	1,5	36,8	18	4,1	12	2,6	< 0,1	< 22			< 0,1	< 22		
TVB 9	83	581	48	132	11						3,6													
TVB 10	43	3480	150	590	25	0,65	0,03			6	2,6				15	0,6	< 0,01	< 0,4			< 0,01	< 0,4	0,03	1,3
TVB 11	61	1870	115			0,3	0,02			7,4	0,9						0,04	2,1			< 0,02	< 1,2	0,08	4,9

Tabelle 3.11: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von elf TVB, die Maschenware veredeln, die hauptsächlich aus synthetischen Fasern besteht
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

	Spez.	CSB		BSB ₅		AOX		KW		pH	L	T	NH ₄		org.N		Cu		Cr		Ni		Zn	
	Q _{AW} [l/kg]	Konz. [mg O ₂ /l]	E-Fak [g/kg]	Konz. [mg O ₂ /l]	E-Fak [g/kg]	Konz. [mg Cl/l]	E-Fak [g/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [g/kg]		[mS/cm]	[°C]	Konz. [mg/l]	E-Fak [g/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [g/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [mg/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [mg/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [mg/kg]	Konz. [mg/l]	E-Fak [mg/kg]
TVB 1	63	1470	93	367	23	0,3	0,02			6,8	0,6	31,5	9,5	0,6	23,3	1,5	0,03	2	0,09	6			0,5	32

Tabelle 3.12: Konzentrationenwerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von einem TVB, der Maschenware veredelt, die hauptsächlich aus Wolle besteht
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.2.2 Prozessspezifische Input-/Output-Daten für Maschenware-Veredler

Nachfolgend werden prozessspezifische Angaben unterbreitet:

- zur Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware (kontinuierlich und diskontinuierlich)
- zur Vorbehandlung von Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht (nur begrenzte Information verfügbar)
- zum Auszieh färben von Maschenware, die aus Baumwolle oder synthetischen Fasern besteht

Wie bereits zu Beginn von Kapitel 3 erwähnt, werden Informationen zu Abgasemissionen in einem separaten Abschnitt (Kapitel 3.5) zusammenhängend dargestellt.

3.2.2.1 Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware

Es werden zwei Prozesse für die kontinuierliche Vorbehandlung beschrieben, die aus Bleichen und Waschen bestehen, sowie drei diskontinuierliche Prozesse. Die Bedingungen für das Bleichen von Baumwoll-Maschenware hängen im wesentlichen von der Baumwollqualität und dem zu erreichenden Weißgrad ab. Bei nachfolgend dunklen Färbungen muss der Bleichprozess weniger intensiv sein (Vorbleiche), während für helle Färbungen und Weißware die Anforderungen höher und die Bleichbedingungen drastischer sind.

3.2.2.1.1 Kontinuierliche Vorbehandlung von Baumwollmaschinenware

Große TVB betreiben häufig kontinuierliche Anlagen für die Vorbehandlung. Es wird ein Verfahren beschrieben für das kontinuierliche Bleichen und Waschen mit Wasserstoffperoxid. Das Verfahren besteht aus folgenden Schritten:

- Klotzen der Bleichflotte mit einer Flottenaufnahme von 130%
- Bleichreaktion in einem Dämpfer (30 min) unter Sattdampfbedingungen bei Temperaturen von 95-98°C
- Gegenstromwäsche
- Klotzen einer Flotte, die Komplexbildner und Waschmittel enthält mit anschließendem Dämpfen (3-5 min mit Sattdampf)
- Spülen und Trocknen (im Falle von Weißware werden vor dem Trocknen Weichmacher appliziert)

Für dieses Verfahren ist folgendes Rezept typisch:

Rezept	[g/kg Textil]	CSB des Produktes [g O ₂ /kg Produkt]	spez. CSB-Input [g O ₂ /kg Textil]
Klotzflotte zum Bleichen			
NaOH (100%)	8,2		
Netzmittel	6,0	1210	7,3
Komplexbildner	4,4	270	1,2
Organische Stabilisatoren	22,0	185	4,1
MgSO ₄	2,2		
H ₂ O ₂ (50%)	66,0		
Optischer Aufheller	5,0	760	3,8
Waschmittel	1,5	2060	3,1
Zweite Klotzflotte			
Polyphosphat	1,1		
Waschmittel	1,1	1780	2,0
Klotzflotte im Falle von Weichmachen			Summe: 21,5
Weichmacher	14,5	684	
Essigsäure (60%)	1,1	645	

Tabelle 3.13: Typisches Rezept für das kontinuierliche Bleichen und Waschen von Baumwoll-Maschenware

Der spezifische CSB-Input kann zwischen 20-30 g/kg Textil variieren. Dieses Beispiel entspricht der Standard-Rezeptur in Anhang II. Der spezifische Wasserverbrauch und Abwasseranfall liegt um 30 l/kg (± 7 l/kg).

Typische Werte für das erste Spülwasser sind:

- CSB: 4000-8500 mg O₂/l
- Leitfähigkeit: 2,5-4,5 mS/cm
- pH: um 10

Typische Werte für das zweite Spülwasser sind:

- CSB: 1000-3000 mg O₂/l
- Leitfähigkeit: 0,5-1,2 mS/cm
- pH: 8-10

In erster Näherung gelangen die zum Bleichen und Waschen angewendeten Textilhilfsmittel und Chemikalien quantitativ ins Abwasser. Wie erwähnt beträgt der CSB-Input-Faktor 20-30 g O₂/kg Textil. Messungen im Gesamtabwasser zeigen CSB-Output-Faktoren zwischen 80-100 g O₂/kg Textil (vergleiche Tabelle 3.8). Dies bedeutet, dass um 60 g O₂/kg Textil aus der Rohware extrahiert wurde.

Angaben zum Energieverbrauch zu dem beschriebenen Prozess sind nicht verfügbar.

Der zweite beschriebene Prozess besteht aus folgenden Stufen:

- Klotzen einer Flotte zur Entmineralisierung bei einer Flottenaufnahme von 130% (anorganische und organische Säuren) mit nachfolgender Reaktion bei 40°C und Spülen.
- Klotzen der Bleichflotte mit H₂O₂ als Bleichagens
- Bleichreaktion in einem Dämpfer unter Sattedampfbedingungen bei einer Temperatur um 97°C
- Gegenstromwäsche
 - In Abhängigkeit vom Artikel werden Weichmacher vor dem letzten Spülbad zugegeben

Grundsätzlich entspricht das Rezept der Bleichflotte dem vorhergenannten (Tabelle 3.13). Der spezifische Verbrauch an Wasser, Chemikalien, Dampf und Strom ist in Tabelle 3.14 zusammengestellt. Daraus ergibt sich unmittelbar, dass dieser Prozess deutlich weniger Wasser benötigt, während der Input an organischen Hilfsmitteln etwas höher ist. Hier kann erwartet werden, dass der spezifische CSB-Output im Bereich 80-100 g O₂/kg Textil beträgt (vergleiche Tabelle 3.9). Der Bereich ist im wesentlichen durch unterschiedliche spezifische Gewichte und Qualitäten der verarbeiteten Maschenware bedingt.

Input	Einheit	Typischer Bereich
Spez. Verbrauch an anorganischen Chemikalien	[g/kg Textil]	37-41
Spez. Verbrauch an organischen Chemikalien, als CSB (berechnet nach dem Rezept in Tabelle 3.13)	[g O ₂ /kg Textil]	29-35
Spez. Wasserverbrauch	[l/kg Textil]	14-19
Spez. Dampfverbrauch	[kg/kg Textil]	1,1-1,6
Spez. Stromverbrauch	[kWh/kg Textil]	62-79
Spez. CSB-Output im Abwasser durch die eingesetzten Chemikalien (Es wird angenommen, dass die Netzmittel, Komplexbildner und organischen Stabilisatoren quantitativ ins Abwasser gelangen, während die optischen Aufheller und die Weichmacher zu 70% bzw. 90% auf dem textilen Substrat verbleiben)	[g O ₂ /kg Textil]	16-20 (die Netzmittel tragen in der Hauptsache zum CSB im Abwasser bei)

Tabelle 3.14: Verbrauch an Wasser, Chemikalien und Energie für ein kontinuierliches Verfahren zur Vorbehandlung (Bleichen und Waschen) von Baumwoll-Maschenware

3.2.2.1.2 Diskontinuierliche Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware

Anhang II enthält Standardrezepturen für das diskontinuierliche Bleichen mit H₂O₂ und Waschen. Für die diskontinuierliche Vorbleiche und Vollbleiche in Kesseln sind entsprechende Daten in Tabelle 3.15 zusammengestellt. Input-Faktoren können wegen fehlender Wassermengen für die einzelnen Schritte nicht berechnet werden. Lediglich der gesamte Abwasseranfall ist bekannt.

Parameter	Vorbleichen			Vollbleichen		
	Erschöpftes Bleichbad	Heißspülen (15 min)	Kaltspülen (25 min)	Erschöpftes Bleichbad	Heißspülen (15 min)	Kaltspülen (25 min)
CSB [mg O ₂ /l]	5200-6500	4200-5400	800-1700	7800-8500	5700-6500	800-1200
pH-Wert	11,4-11,7	11,1-11,3	11,1-11,2	12,1-12,5	12,1-12,3	11,3-11,5
Leitfähigkeit [mS/cm]	6,4-9,5	5-8	1,5-3,5	16-16,8	12-12,6	2,1-1,5

Tabelle 3.15: Angaben für den CSB, den pH-Wert und die Leitfähigkeit für das erschöpfte Bleichbad und die Spülflotten für das Vorbleichen und Vollbleichen von Baumwoll-Maschenware mit H₂O₂; der gesamte Abwasseranfall (Bleichflotte und Spülflotten) beträgt 30-50 l/kg

In früheren Zeiten wurde in Deutschland für das Bleichen von Baumwoll-Maschenware auch eine Kombination von Natriumhypochlorit und Wasserstoffperoxid eingesetzt. Da Hypochlorit zur Bildung von chlorierten Nebenprodukten führt, ist diese Art des Bleichens substituiert worden. Daten von 1992 zeigen für diesen Prozess AOX-Werte, die viel höher sind (Tabelle 3.16). Die angewandte Bleichrezeptur entspricht derjenigen, die in Anhang II genannt ist. Beim Bleichen mit Wasserstoffperoxid

werden im Bleichbad bis zu 6 mg Cl/l bestimmt, weil nach der Hypochloritbleichstufe ein Spülen erfolgte und die chlorierten Nebenprodukte mit der Maschenware ins Wasserstoffperoxidbad verschleppt wurden.

Parameter	NaOCl-Bleichen Erschöpftes Bleichbad	H ₂ O ₂ -Bleichen Erschöpftes Bleichbad	Spülen
CSB [mg O ₂ /l]	1500-1800	1500-1600	70-80
AOX [mg Cl/l]	90-100	3,5-6	0,2-0,3
pH-Wert	9,3-10,2	10,5-11	8,2-8,3
Leitfähigkeit [mS/cm]	10,2-10,5	7,2-8	0,8-0,85

Tabelle 3.16: Angaben für den CSB, AOX, pH-Wert und Leitfähigkeit für die erschöpften Bleichflotten und Spülwasser aus der Kombinationsbleiche NaOCl/H₂O₂ für Baumwoll-Maschenware bei einem Flottenverhältnis von 1:15 – [ITV, 1992]; der gesamte spezifische Abwasseranfall beträgt 30-50 l/kg

3.2.2.2 Vorbehandlung von Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht

Zur Vorbehandlung von Baumwoll-Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht liegen nur begrenzte Informationen vor. Die von den Fasern entfernten Stoffe sind in Anhang I zusammengestellt. Zusammen mit dem spezifischen Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall kann die Konzentration an CSB und Kohlenwasserstoffe zuverlässig abgeschätzt werden. Große TVB verfügen über kontinuierliche Vorbehandlungsanlagen (üblicherweise Waschmaschinen) mit niedrigem Wasserverbrauch, was in hohen CSB- und Kohlenwasserstoff-Konzentrationen resultiert; Werte im g/l-Bereich sind typisch.

3.2.2.3 Ausziehfärben von Maschenware

Üblicherweise wird Maschenware diskontinuierlich gefärbt (Ausziehfärben). Nur in wenigen Fällen wird semi-kontinuierlich gefärbt im Kalt-Klotz-Verweilverfahren (KKV). Zukünftig wird auch das kontinuierliche Färben Einzug in die Praxis halten.

3.2.2.3.1 Ausziehfärben von Baumwoll-Maschenware

Baumwoll-Maschenware kann mit verschiedenen Farbstoffarten wie Reaktivfarbstoffe, Direktfarbstoffe, Schwefelfarbstoffe oder Küpenfarbstoffe gefärbt werden. Heutzutage haben Reaktivfarbstoffe die größte Bedeutung. Direktfarbstoffe können für hellere Töne und Schwefelfarbstoffe für dunkle Töne eingesetzt werden. Küpenfarbstoffe werden vor allem bei hohen Anforderungen an die Lichtechtheit verwendet.

Tabelle 3.17 enthält typische Input-Faktoren. Dabei wird zwischen hellen, mittleren und dunklen Färbungen unterschieden, was sich vor allem in unterschiedlichen Input-Faktoren für die Farbstoffe niederschlägt. Der große Bereich für das Flottenverhältnis spiegelt nicht den Einsatz unterschiedlicher Maschinen wider, sondern das nicht optimale Beladen von automatischen Färbemaschinen (Softflow-Maschinen) mit einem Flottenverhältnis von 1:8. Dies tritt auf, wenn zu kleine Partien in zu großen Maschinen gefärbt werden.

Input		Helle Färbung	Mittlere Färbung	Dunkle Färbung
Flottenverhältnis	Einheit 1:8 - 1:25			
Farbstoffe	[g/kg Textil]	0,5-4	5-30	30-80
Organische Hilfsmittel	[g/kg Textil]	0-30	0-30	0-35
Salz	[g/kg Textil]	90-400	600-700	800-2000
Anorganische Hilfsmittel	[g/kg Textil]	50-250	30-150	30-150

Tabelle 3.17: Typische Input-Faktoren für das Auszieh färben von Baumwoll-Maschenware mit Reaktivfarbstoffen

Üblicherweise ist für helle Färbungen nur Spülen aber nicht Seifen erforderlich. Tabelle 3.18 enthält die Angaben für die einzelnen Flotten einer hellen Reaktivfärbung. Die CSB-Werte sind sehr niedrig, vor allem für die Spülflotten. Dagegen sind die Werte für dunkle Färbungen für CSB, Leitfähigkeit und Farbe deutlich höher (Tabelle 3.19). Die Werte für das Färben von anderen Tönen liegen zwischen den beiden dargestellten Extremen.

Nr. der Flotte	Bezeichnung der Flotte	CSB [mg O ₂ /l]	PH-Wert	Leitfähigkeit [mS/cm]	DFZ 436 nm [1/m]	DFZ 525 nm [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogene Färbeflotte	920	11	72	43	18	6
2	Spülflotte	180	10,6	10	9	4	2
4	Spülflotte	33	10	2,8	4	2	1
5	Spülflotte	23	9	1	2	1	1
6	Spülflotte	5	8,3	0,8	1	0,5	0,2

Tabelle 3.18: Sequenz der anfallenden Flotten vom Auszieh färben (helle Färbung) von Baumwoll-Maschenware mit Reaktivfarbstoffen mit den Werten für CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit und Farbigkeit (spektrale Absorptionskoeffizienten bzw. Durchsichtsfarbzahl DFZ); FV = 1: 25; der Abwasseranfall für den gesamten Prozess beträgt 142 l/kg

Nr. der Flotte	Bezeichnung der Flotte	CSB [mg O ₂ /l]	pH-Wert	Leitfähigkeit [mS/cm]	DFZ 436 nm [1/m]	DFZ 525 nm [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogenes Färbbad	3400	12,1	140	328	315	320
2	Spülflotte	2980	11,8	55	325	298	308
3	Neutralisationsflotte	2530	4,5	25	309	220	246
4	Spülflotte	1060	4,7	8,3	316	185	196
5	Spülflotte	560	5,3	2,1	316	164	154
6	Seifflotte	450	6,7	0,8	321	177	132
7	Spülflotte	150	7,0	0,5	205	94	61
8	Spülflotte	76	7,6	0,4	63	27	17
9	Spülflotte	50	7,6	0,4	29	13	7

Tabelle 3.19: Sequenz der anfallenden Flotten vom Auszieh färben (dunkle Färbung) von Baumwoll-Maschenware mit Reaktivfarbstoffen mit den Werten für CSB, pH-Wert, Leitfähigkeit und Farbigkeit (spektrale Absorptionskoeffizienten bzw. Durchsichtsfarbzahl DFZ); FV = 1: 8,2; der Abwasseranfall für den gesamten Prozess beträgt 71 l/kg

Im folgenden werden zwei weitere Beispiele dargestellt für das Färben mit Direktfarbstoffen (helle Färbung) (Tabelle 3.20) und eine für das Färben mit Schwefelfarbstoffen (dunkle Färbung) (Tabelle 3.21).

Nr. der Flotte	Bezeichnung der Flotte	CSB [mg O ₂ /l]	AOX [mg Cl/l]	pH	Leitfähigkeit [mS/cm]	DFZ 436m [1/m]	DFZ 525m [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogene Färbflotte	3000	1,5	10	9,1	50	28	19
2	Spülflotte	160	0,18	8,2	1,2	8	3	2,8
3	Spülflotte	50	0,07	7,4	0,6	0,3	0,02	0,02
4	Weichmacherflotte	900	0,2	4,8	0,8	13	9	7

Tabelle 3.20: Sequenz der anfallenden Flotten vom Auszieh färben (helle Färbung) von Baumwoll-Maschenware mit Direktfarbstoffen mit den Werten für CSB, AOX, pH-Wert, Leitfähigkeit und Farbigkeit (spektrale Absorptionskoeffizienten bzw. Durchsichtsfarbzahl DFZ) – [ITV, 1992]

Nr. der Flotte	Bezeichnung der Flotte	CSB [mg O ₂ /l]	AOX [mg Cl/l]	pH	Leitfähigkeit [mS/cm]	DFZ 436m [1/m]	DFZ 525m [1/m]	DFZ 620 nm [1/m]
1	Ausgezogene Färbeflotte	4800	3,3	11,5	63	1100	1080	1130
2	Heiße Spülflotte	600	0,4	10	3,2	8	8	9
3	Spülflotte	36	0,03	8,2	0,62	0,5	0,3	0,3
4	Spülflotte	25	0,04	8	0,34	0,3	0,1	0,2
5	Heiße Spülflotte	580	0,3	8,3	1,3	3,5	3,2	3,3
6	Spülflotte	30	0,04	7,4	0,52	0,1		0,1
7	Spülflotte	25	0,04	7,4	0,5	0,1	0,02	0,03
8	Heiße Spülflotte	390	0,25	8,2	1,5	2,8	2,6	3
9	Spülflotte	24	0,03	7,6	0,52	0,1		0,08
10	Spülflotte	12	0,04	7,7	0,5	0,2		0,08
11	Weichmacherflotte	2200	1,6	7,7	1,1	15	8	5

Tabelle 3.21: Sequenz der anfallenden Flotten vom Auszieh färben (dunkle Färbung) von Baumwoll-Maschenware mit Schwefelfarbstoffen mit den Werten für CSB, AOX, pH-Wert, Leitfähigkeit und Farbigkeit (spektrale Absorptionskoeffizienten bzw. Durchsichtsfarbzahl DFZ) – [ITV, 1992]

Tabelle 3.19 - Tabelle 3.21 zeigen deutlich, dass vom Auszieh färben hoch, mittel und niedrig belastete Flotten emittiert werden. Dies führt direkt zum Ansatz, die niedrig belasteten Flotten ohne großen Aufwand zu recyceln.

3.2.2.3.2 Auszieh färben von Maschenware, die aus synthetischen Fasern besteht

Tabelle 3.22 zeigt ein typisches Rezept für das Auszieh färben von Polyester-Maschenware einschließlich dem Einsatz eines UV-Stabilisators für hohe Lichtechtheit. Die Schlußfolgerung liegt nahe, dass Färbungen mit Dispersionsfarbstoffen deutlich höhere Werte für CSB-Konzentrationen und CSB-Emissionsfaktoren aufweisen als z.B. Reaktivfärbungen. Die Ursachen sind die Dispergiermittel, die in den Farbstoffen mit einem Gehalt von 40-60 Gewichts-% enthalten sind sowie die Färbebeschleuniger, die bei Mischungen mit Wolle eingesetzt werden. Analytische Daten sind nicht verfügbar. Das gleiche gilt für Auszieh färbungen von anderen Synthefasern.

Input	Input-Faktor [g CSB/kg Textil]	Output-Faktor Abwasseremissionen [g CSB/kg Textil]
Flottenverhältnis	1: 10	
Ausziehfärbung		
Farbstoffe	1-100	0,5-50
Dispergiermittel	6	5
Organische Säure	?	?
Färbebeschleuniger	23	11
UV-Absorber	19	4
Entschäumer	17	16
Nachbehandlung		
NaOH (50%)		
Reduktionsmittel	7	5
Sequestriermittel	3	3
		Summe 45-95

Tabelle 3.22: Beispiel für typische Input-Faktoren und berechnete Output-Faktoren für das Ausziehfärben von Polyester-Maschenware mit Dispersionsfarbstoffen

Annahmen für die Berechnung:

- die Dispersionsfarbstoffe enthalten 40-60% Dispergiermittel; deshalb ist der Output-Faktor 0,5-50 g CSB/kg Textil
- sehr kleine Mengen an Dispergiermittel und Entschäumer verbleiben auf dem textilen Substrat, weshalb sie nicht vollständig ins Abwasser gelangen
- die Färbebeschleuniger haben Affinität zu den Polyesterfasern, sodass um 50% auf die Polyesterfasern aufziehen
- der UV-Absorber hat Affinität zur Polyesterfaser und gelangt zu ungefähr 20% ins Abwasser
- die Reduktionsmittel für die Nachbehandlung werden teilweise oxidiert (Annahme: 30%), sodass der Beitrag zum CSB im Abwasser niedriger ist als der CSB-Input

3.2.2.4 Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen

Üblicherweise wird konstatiert, dass in TVB viele verschiedene chemische Produkte im Einsatz sind. Allerdings zeigt die Auswertung vieler Listen für die Einsatzstoffe auf Jahresbasis, dass die Verbrauchskurven für die Produkte einem hyperbolischen Verlauf folgen. Ein Beispiel für einen Veredler von Baumwoll-Maschenware zeigt Abbildung 3.6.

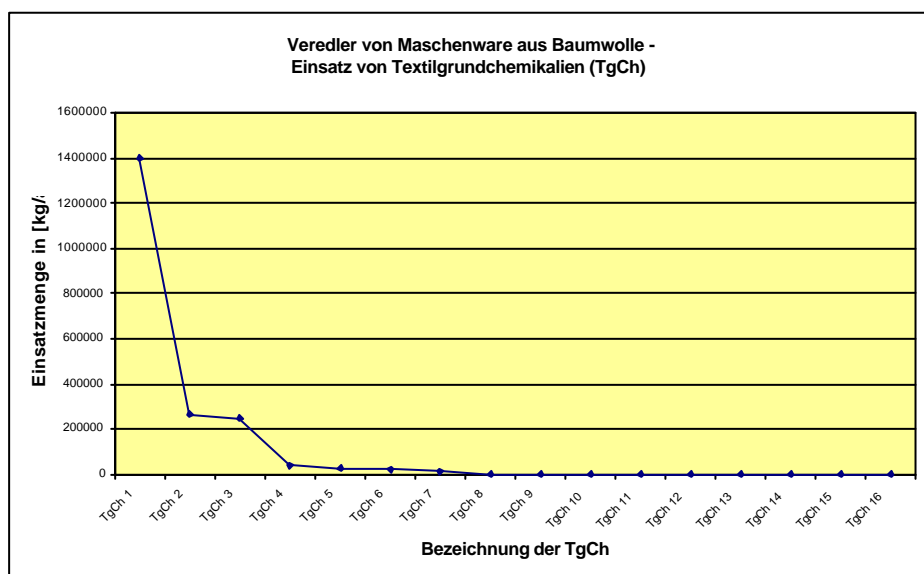
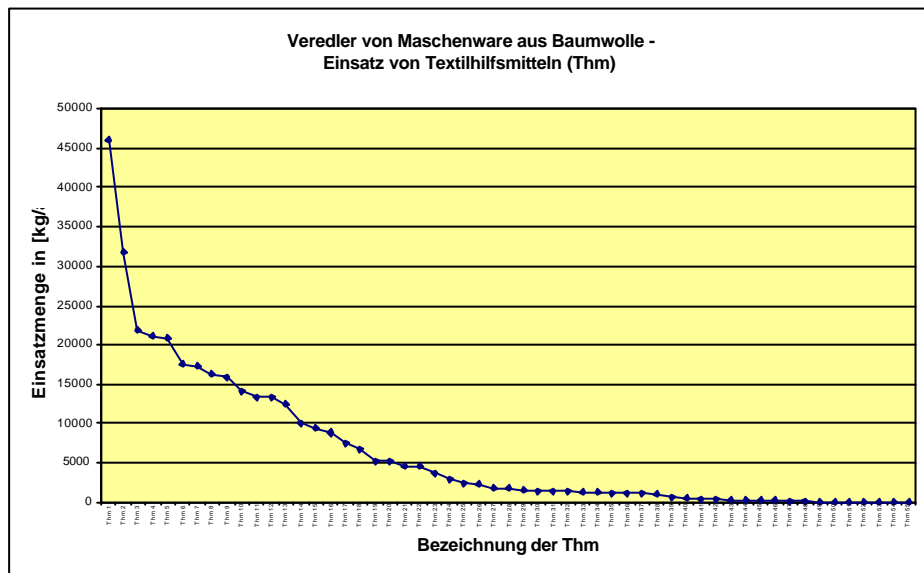
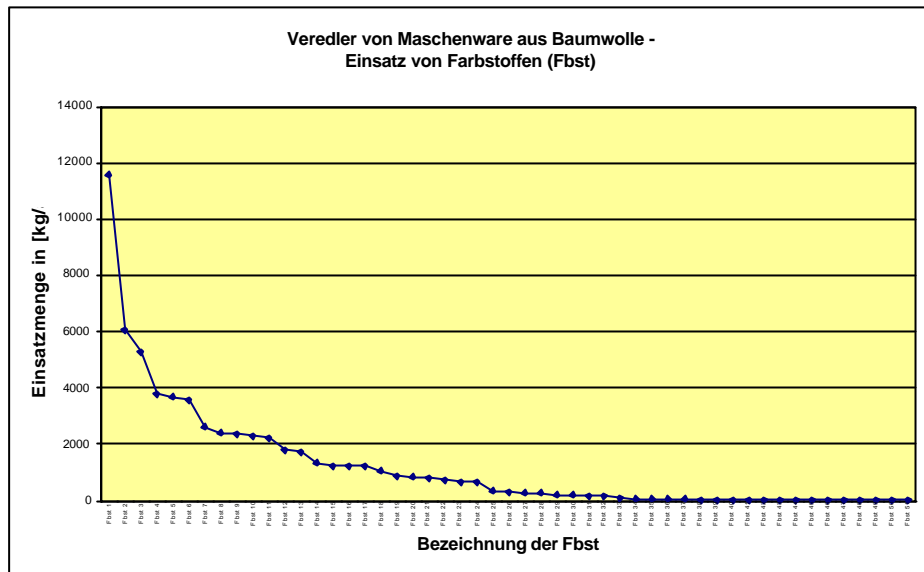


Abbildung 3.6: Typische hyperbolisch verlaufende Kurven für den Verbrauch von Farbstoffen, Textilhilfsmitteln und Textilgrundchemikalien am Beispiel eines TVB, der Baumwoll-Maschenware veredelt - [UBA, 2001]

3.3 Veredlung von Gewebe

Für das Veredeln von Gewebe ist die grundlegende Prozesssequenz bereits in Kapitel 2 dargelegt. Zur besseren Orientierung wird sie hier nochmals wiederholt.

3.3.1 Standortbezogene Input-/Output-Daten

3.3.1.1 TVB, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Baumwolle oder Viscose besteht

Die typische Prozesssequenz für das Veredeln von Baumwollgewebe ist in Abbildung 3.7 dargestellt

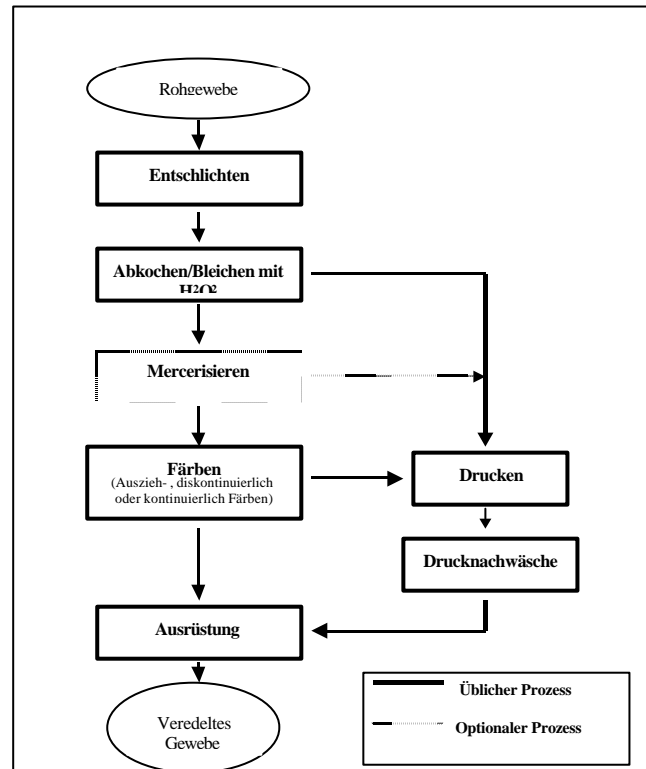


Abbildung 3.7: Typische Prozesssequenz für die Nassprozesse für das Veredeln von Gewebe, das hauptsächlich aus Baumwolle besteht

Zusätzlich zu den in Abbildung 3.7 dargestellten Prozesse können weitere Verfahren angewendet werden wie z.B. die Vorbehandlung mit Flüssigammoniak, wofür in Europa einige wenige Anlagen verfügbar sind.

Die Vorbehandlung von Viscose erfordert üblicherweise eine Alkalibehandlung und Waschen, soweit es sich um wasserlösliche Schlichtemittel handelt, was normalerweise der Fall ist.

Vorbehandlungsschritte wie Entschlichten, alkalisches Abkochen und Bleichen werden in kontinuierlich arbeitenden Anlagen häufig kombiniert. Im Gegensatz zu Maschenware wird Webware in der Regel semi-kontinuierlich oder kontinuierlich veredelt.

In Tabelle 3.23 sind die Daten für die Abwasseremissionen von zwölf Gewebeveredlern zusammengestellt, die hauptsächlich Baumwollgewebe veredeln. Alle diese TVB führen die Vorbehandlung kontinuierlich oder semi-kontinuierlich durch. Das gleiche gilt für das Färben. Allerdings haben einige TVB auch eine Abteilung mit Auszieh-Färbemaschinen.

	Spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	182	822	150	249	45	0,3	0,05			8,4	1,4	25,8	4,6	0,8	16,7	3	0,23	42	0,09	16			0,24	44
TVB 2	83	3640	303	1350	113	2,5	0,21	7,5	0,6		3,3	44,5	3,1	0,3			0,6	50	0,05	4			0,18	15
TVB 3	211	597	126	128	27	0,38				8,6	1,9		7,9	1,7	15,6	3,3	0,09	19	0,02	4				
TVB 4	99	1210	120	256	25	0,9	0,09			10,1			48,3	4,8	158	16	0,36	36						
TVB 5	52	824	43	356	19																			
TVB 6	56	2280	128	610	34	0,17	0,01			9,6	2,4		14,3	0,8	56	3,1	0,08	5						
TVB 7	132	996	132	384	51			3	0,4		0,2	20,4					0,07	9	0,1	13			0,16	21
TVB 8	93	949	89					3	0,3		4,5	34,1					0,08	7,5	0,07	7			0,3	28
TVB 9	45	4600	208	1760	79	1,1	0,05					33,7					0,25	11	0,006	0,3	0,03	1	0,18	8
TVB 10	150	672	101	307	46	0,3	0,04			10,1	2,2	41,9			25	3,7	<0,01	<1,5	<0,01	<1,5			<0,01	<1,5
TVB 11	93	1616	150	367	34	0,3	0,028										0,13	12	0,050	5	0,03	3		
TVB 12	618	334	206	66	41	0,27	0,17			8,6	1,2	30,9			16,5	10,2	0,12	74	0,022	14			1,05	649

Tabelle 3.23: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von zwölf TVB, die Webware veredeln, die hauptsächlich aus Baumwolle besteht

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

Der Bereich für den spezifischen Abwasseranfall ist recht groß. TVB mit Werten um 50 l/kg (TVB 6 und TVB 9) verfügen über moderne effiziente kontinuierliche Waschmaschinen, während bei Werten um 200 l/kg dies nicht der Fall ist. Beim TVB 12 handelt es sich mit 618 l/kg um einen Extremfall, bei dem effiziente Waschtechniken bislang nicht ansatzweise eingeführt worden sind. TVB mit niedrigem Abwasseranfall haben entsprechend höhere CSB-Konzentrationen im Gesamtabwasser, die bis zu 4500 mg/l betragen. Die Werte für den spezifischen Abwasseranfall werden bestätigt durch [FhG-ISI, 1997]. Für weitere 25 TVB werden dort Werte im gleichen Bereich angegeben mit einem Extremwert von 415 l/kg und zwei erhöhten Werten von 240 und 265 l/kg.

Die CSB-Emissionsfaktoren sind bei Gewebeveredlern deutlich höher (etwa Faktor 2-3) als bei Garn- und Maschenwareveredlern. Dies liegt in erster Linie im Entfernen der Schlichtemittel begründet, die bis zu 15% des Gewebegewichtes ausmachen können. Je nach Gewebeart und Schlichtemittel schwankt die Schlichtemittelaufgabe stark und damit auch die CSB-Emissionsfaktoren. TVB 5 beispielsweise veredelt leichte, offene Gewebe mit sehr niedriger Auflage (Gewebe wird zudem nur vorbehandelt) und weist damit einen niedrigen Emissionsfaktor auf, während TVB 2 mit rund 300 g/kg Gewebe mit hoher Schlichtemittelaufgabe verarbeitet. Veredler von Frotteeware aus Baumwolle weisen ebenso niedrigere Werte auf wie solche, die vorwiegend Gewebe aus Viskose veredeln. Die BSB₅-Emissionsfaktoren schwanken im Verhältnis zu den CSB-Emissionsfaktoren stark. Dies ist durch die Art der Schlichtemittel bedingt. Die BSB₅-Bestimmung kann als Test auf leichte biologische Abbaubarkeit angesehen werden. Synthetische Schlichtemittel wie Carboxymethylcellulose (CMC), Polyacrylate (PA) und Polyvinylalkohole (PVA) sind biologisch nicht leicht abbaubar, CMC und PA biologisch nicht abbaubar bzw. nur zu einem sehr niedrigen Prozentsatz. Vor diesem Hintergrund wird es verständlich, dass z.B. TVB 1 und 2 ein CSB/BSB₅-Verhältnis von etwa 1:3 haben, während TVB 3 und 4 ein Verhältnis von etwa 1:5. Die relativ hohe Ammoniumkonzentration von TVB 4 ist auf die Druckereiabteilung zurückzuführen. Dieser TVB wird aber nicht bei den Betrieben mit wesentlicher Druckereiabteilung aufgeführt, da der Druckanteil kleiner als 30% ist.

Herausragend ist die AOX-Konzentration und der AOX-Emissionsfaktor bei TVB 2. Die Ursache(n) dafür ist nicht bekannt.

Abbildung 3.8 zeigt die typische Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der überwiegend Baumwollgewebe veredelt. Es ist offensichtlich, dass die Schlichtemittel und Baumwollbegleitstoffe am meisten zum CSB beitragen. Im Falle der Anwendung von Schwefel und/oder Küpenfarbstoffen ist der Anteil der Farbstoffe durch die in diesen Farbstoffen vorhandenen Dispergiermittel höher als bei Reaktivfarbstoffen.

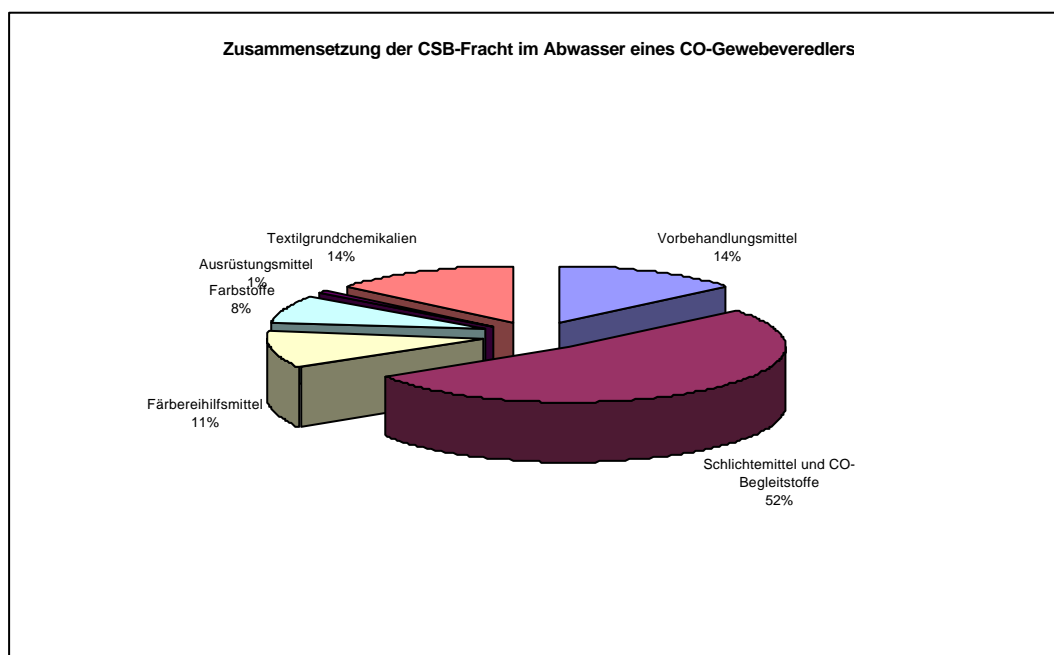


Abbildung 3.8: Beispiel für die Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der überwiegend Baumwollgewebe veredelt; der TVB färbt mit Schwefel-, Küpen- und Reaktivfarbstoffen mit semi-kontinuierlichen und kontinuierlichen Verfahren

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Werte sind:

- Farbstoffe:	11	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	183	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	200	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte für andere vergleichbare TVB differieren.

Der gesamte Energieverbrauch liegt im Bereich von 8-20 kWh/kg. Der höhere Wert gilt für TVB, die auch Spinnerei, Zwirnerei und Spulerei besitzen. Der Stromverbrauch liegt bei 0,5-1,5 kWh/kg (Daten von acht TVB). Es ist wenig Information verfügbar über den Energieverbrauch von einzelnen Prozessen. Abbildung 3.9 gibt ein Beispiel für die Veredlung von Viscosegewebe wieder. Das Beispiel macht deutlich, dass Hochtemperaturprozesse wie die Thermobehandlung in Spannrahmen oder in Kondensationsmaschinen sowie die Trocknungsvorgänge hauptsächlich zum Energieverbrauch beitragen. Strom wird in allen Stufen verbraucht, ohne dass ein bestimmter Prozess dominiert.

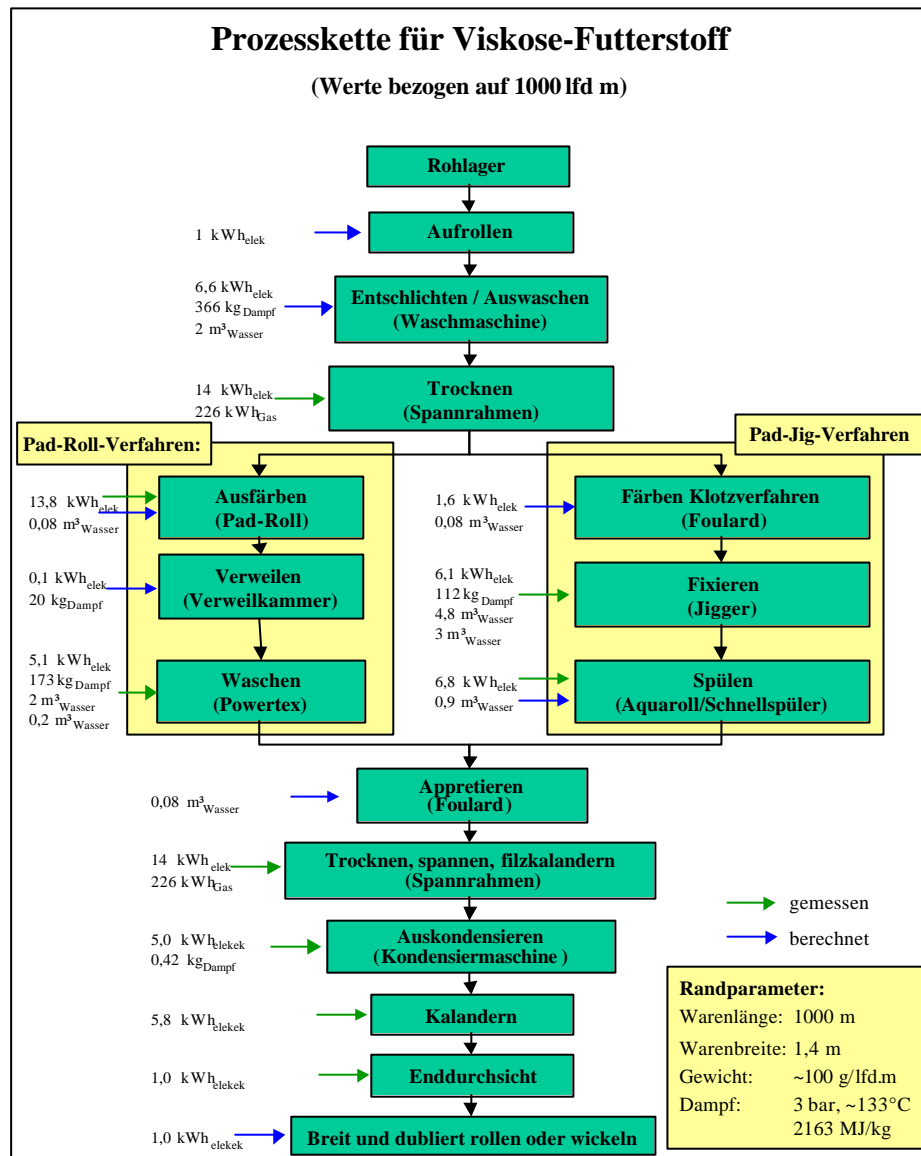


Abbildung 3.9: Thermischer und elektrischer Energieverbrauch für das Veredeln von Viscosegewebe- [Eutech/ITA/LTT, 2000]

Sofern Hochtemperaturprozesse für das Färben angewandt werden, ist der Energieverbrauch dafür auch relevant. Abbildung 3.10 verdeutlicht diese Tatsache anhand eines Beispiels für das Veredeln von Gewebe bestehend aus einer Viscose/Polyester-Mischung. Die Polyesterfasern werden bei hohen Temperaturen gefärbt, wozu bedeutende Mengen an thermischer Energie benötigt werden. Allerdings ist dafür auch der Verbrauch an elektrischer Energie höher als im Vergleich zu anderen Prozessschritten.

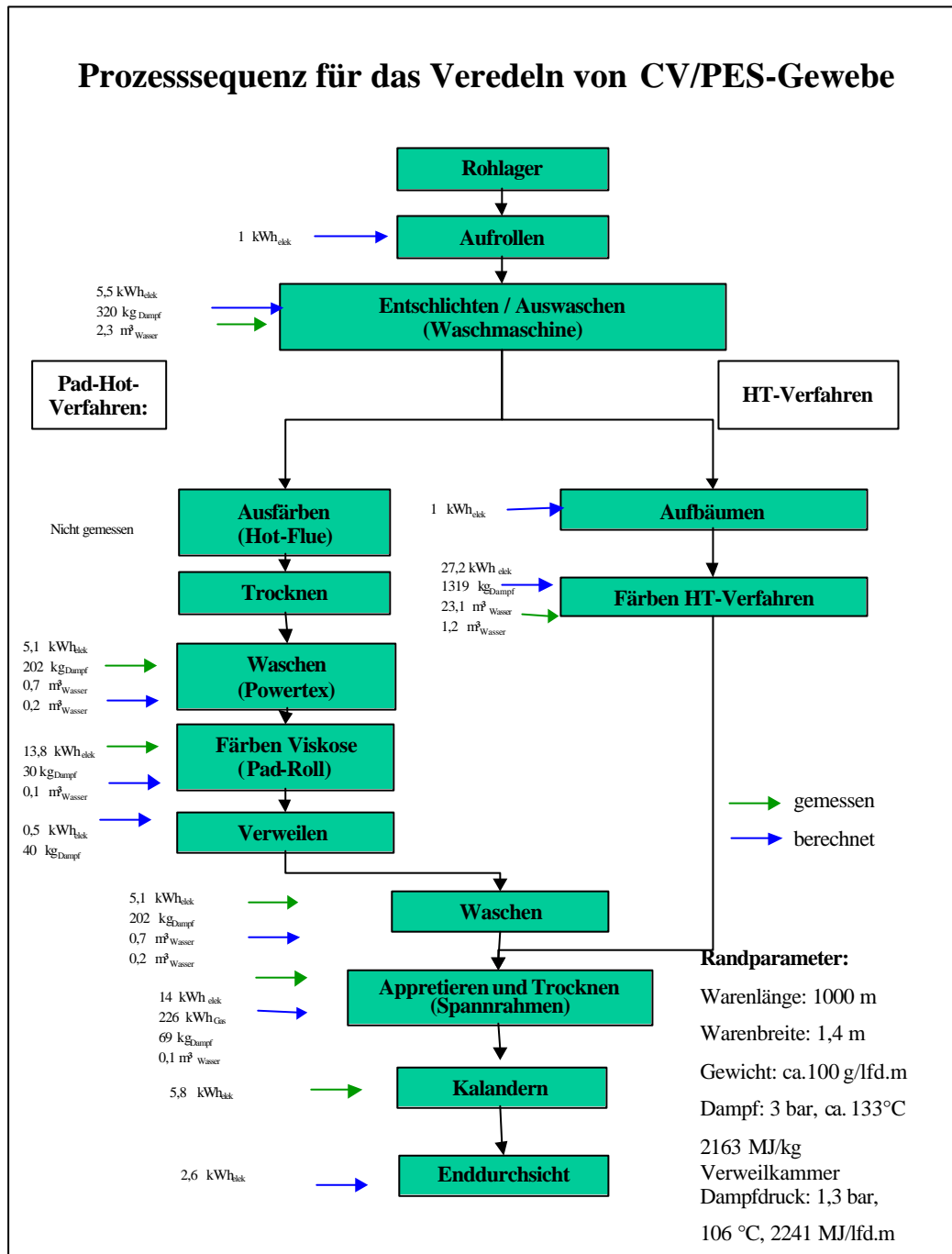


Abbildung 3.10: Verbrauch an thermischer und elektrischer Energie für die Veredlung von Viscose/Polyester-Mischgewebe - [Eutech/ITA/LTT, 2000]

Es muss betont werden, dass die Abbildung 3.9 sowie die Abbildung 3.10. Beispiele darstellen, die nur in sehr wenigen Fällen verfügbar sind. Die grundsätzlich gezogenen Schlussfolgerungen mögen aber dennoch auf den Textilsektor übertragbar sein. Die Beispiele machen deutlich, dass nur solche Detailanalysen zur Identifizierung der verbrauchsintensivsten Prozesse führen, die dann Gegenstand von Minimierungsansätzen sind.

3.3.1.2 TVB mit einer relevanten Druckereiabteilung, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Baumwolle oder Viscose besteht

In Tabelle 3.24 sind die Abwasserwerte von sechs TVB mit relevanter Druckereiabteilung (mehr als 30% der veredelten Menge an Textilsubstrat wird auch bedruckt) zusammengestellt. Dabei führt TVB 4 keine Vorbehandlung durch, sondern bezieht druckfertige Ware. In den aufgeführten TVB wird modischer Druck durchgeführt. Pigmentdruck spielt keine Rolle. Vielmehr dominiert der Reaktivdirekt- und der Buntätzdruck. Somit weisen diese TVB ein Maximum an Prozessen auf (siehe Tabelle 3.24), was sich in einem relativ hohen spezifischen Abwasseranfall widerspiegelt. Auch die CSB-Emissionsfaktoren sind hoch, weil zur Entschlichtung die relativ hohen Emissionen aus der Druckerei (Druckdeckenwäsche, Druckgeschirrwäsche und Drucknachwäsche) hinzukommen.

Der spezifische Abwasseranfall in Druckereien (die keinen oder nur wenig Pigmentdruck durchführen) liegt mit 155-283 l/kg auf höherem Niveau als bei allen anderen bis hierher diskutierten TVB-Gruppen. TVB 4 ist nicht unmittelbar vergleichbar, da in diesem Betrieb nur Druck und Ausrüstung erfolgt. An dessen Werten kann aber direkt abgelesen werden, dass die Druckerei sehr emissionsrelevant ist. Die Werte für den spezifischen Abwasseranfall werden durch [FhG-ISI, 1997] bestätigt. Dort werden für weitere sieben TVB mit relevanter Druckereiabteilung folgende Angaben zum spezifischen Abwasseranfall gemacht: 282, 288, 327, 450, 261, 189 und 302 l/kg – durchweg deutlich höhere Werte als bei allen anderen TVB-Gruppen.

Wie bereits angedeutet, liegen die CSB-Emissionsfaktoren auf hohem Niveau. Auch höhere AOX-Werte können auftreten, was in erster Linie auf halogenhaltige Küpenfarbstoffe zurückzuführen sein dürfte. Die Konzentrationswerte und Emissionsfaktoren für Ammonium sind ebenfalls deutlich höher als bei TVB ohne Druckerei (bis zu 150 g/kg Druckpaste), da vor allem in Reaktivdruckpasten in nennenswertem Umfang Harnstoff eingesetzt wird, der im Wasser zu Ammonium hydrolisiert. Weiterhin können die Emissionsfaktoren für Kupfer deutlich erhöht sein im Vergleich zu anderen TVB-Gruppen, wofür die Erklärung in kupferhaltigen Farbstoffen (Kupfer-Phthalocyanin-Komplexreaktivfarbstoffen) begründet liegt, die in der Druckerei eingesetzt und verfahrensbedingt relativ niedrige Fixierraten haben.

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien gruppiert. Typische Werte sind:

- Farbstoffe:	88	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilhilfsmittel:	180	[g/kg Textilsubstrat]
- Textilgrundchemikalien:	807	[g/kg Textilsubstrat]

Abhängig von den individuellen Verhältnissen können die Werte für andere vergleichbare TVB differieren.

Der hohe spezifische Farbstoffverbrauch ist vor allem auf zwei Gründe zurückzuführen. Zum einen wird zwei Mal Farbe verbraucht: Für das Färben des Gewebes und für das Drucken. Zum anderen werden häufig flüssige Farbstoffformulierungen eingesetzt, wobei der Wassergehalt in die Berechnung der Faktoren einfließt und zu höheren Werten führt.

Der hohe spezifische Verbrauch an Textilgrundchemikalien ist auf die hohen Einsatzmengen in der Vorbehandlung und in der Druckerei zurückzuführen.

Zum Energieverbrauch liegen Daten nur für einen Betrieb vor. Dort liegt der Gesamtverbrauch bei 18,8 kWh/kg (2,3 kWh/kg für Strom, 13,5 kWh/kg für Erdgas und 3 kWh/kg für Öl).

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	264	1167	308	272	72			18,1	4,8		1,4	26,0					0,61	161	0,1	26			0,22	58
TVB 2	155	1265	196	605	94	0,4	0,06			9	2,8	19,0					0,06	9	0,02	2	0,03	5	0,15	23
TVB 3	229	859	197	267	61	1,3	0,3			9,1	2,8	33,7	98	22	24	5	0,4	92	0,08	18				
TVB 4*¹	139	819	114	215	30	2,4	0,3				2,5		146	20										
TVB 5	255	570	145	169	43					9,3			13,5	3,5	156	39,7								
TVB 6	283	760	216	215	61	1,7	0,5			9,6	1,3		170	45			0,1	28			0,01	2,8	0,15	43

*1 Nur Druck auf vorbehandelter Ware

Tabelle 3.24: Konzentrationenwerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von sechs TVB mit relevanter Druckabteilung, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Baumwolle oder Viscose besteht
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.3.1.3 TVB, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Wolle besteht

In Tabelle 3.25 sind die Werte für die Abwasseremissionen von zwei TVB zusammengestellt, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Wolle besteht. Der spezifische Abwasseranfall ist hoch und normalerweise höher als für TVB, die Gewebe aus Cellulosefasern veredeln. Die beiden genannten Werte (141 l/kg und 296 l/kg) werden durch fünf weitere Werte bestätigt, die in [FhG-ISI, 1997] berichtet werden (133, 156, 253, 142 und 243 l/kg). Es ist nicht möglich, die Gründe für den großen Unterschied der beiden Werte anzugeben. Bemerkenswert sind die hohen Emissionsfaktoren für Chrom (54 und 71 mg/kg), wofür die Anwendung von chromhaltigen Farbstoffen verantwortlich ist.

3.3.1.4 TVB, die Polyamid-Gewebe veredeln

Für die Veredlung von Polyamid-Gewebe sind nur von einem TVB Daten verfügbar (Tabelle 3.26). Der spezifische Abwasseranfall ist mit 7 l/kg sehr niedrig, weil der TVB nur einen Waschprozess durchführt. Dieser besteht aus der kontinuierlichen Wäsche zur Entfernung von Präparationen und Schlichtemitteln. Kontinuierliche Waschprozesse mit modernen Maschinen weisen einen niedrigen Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall auf. Deshalb ist die CSB-Konzentration relativ hoch. Im Vergleich zum CSB ist der BSB₅ relativ niedrig. Das Verhältnis dieser Parameter im Verhältnis 6:1 weist auf eine niedrige biologische Abbaubarkeit hin.

Abbildung 3.11 zeigt die Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB, der Gewebe veredelt, das hauptsächlich aus Polyamid besteht. Es handelt sich um einen anderen TVB als den in Tabelle 3.26 genannten. Es ist offensichtlich, dass die Präparationsmittel wesentlich zur CSB-Fracht beitragen. Ihre Entfernung benötigt relativ hohe Mengen an Wasch- und Sequestriermitteln, weshalb der Anteil an Vorbehandlungsmitteln an der CSB-Fracht bedeutend ist. Der relativ hohe Anteil der Farbstoffe ist nicht auf die Farbstoffe selbst zurückzuführen, sondern vielmehr auf die Dispergier- und Egalisierungsmittel in den Farbstoffformulierungen.

**Zusammensetzung der CSB-Fracht im Abwasser eines TVB,
der PA-Gewebe veredelt**

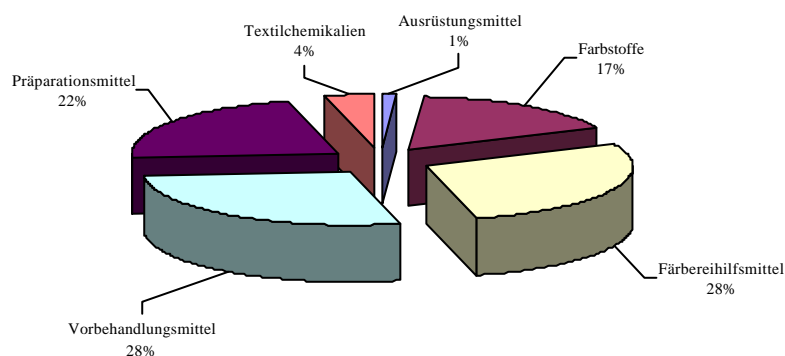


Abbildung 3.11: Zusammensetzung der CSB-Fracht eines TVB, der Gewebe veredelt, das hauptsächlich aus Polyamid besteht

	spez. Q _{AW} [l/kg]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		BSB ₅ Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/kg]		AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/kg]		KW Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/kg]		Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]		Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/kg]	
TVB 1	141	659	93	227	32			8,5	1,2		1	26,7					0,08	11	0,38	54			1,3	183
TVB 2	296	814	241	308	91	0,31	0,09			7,1	1,9	29,7			22,7	6,7	<0,05	<15	0,24	71	<0,05	<15	0,61	181

Tabelle 3.25: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von zwei TVB, die Gewebe veredeln, das hauptsächlich aus Wolle besteht

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

	spez.	CSB		BSB ₅		AOX		KW		pH	L	T	NH ₄		org.N		Cu		Cr		Ni		Zn	
	Q _{AW}	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak				Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak	Konz.	E-Fak
	[l/kg]	[mg O2/l]	[g/kg]	[mg O2/l]	[g/kg]	[mg Cl/l]	[g/kg]	[mg/l]	[g/kg]				[mg/l]	[g/kg]	[mg/l]	[g/kg]	[mg/l]	[mg/kg]	[mg/l]	[mg/kg]	[mg/l]	[mg/kg]	[mg/l]	[mg/kg]
TVB 1	7	1950	14	317	2	0,13	0,001			11	0,6	31,9												

Tabelle 3.26: Konzentrationswerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von einem TVB, der hauptsächlich Polyamid-Gewebe veredelt

Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.3.2 Verfahrensbezogene Input-/Output-Daten für Gewebeveredler

Prozessspezifische Angaben werden für folgende Verfahren vorgestellt:

- kontinuierliche Vorbehandlung von Gewebe
- kontinuierliches und semi-kontinuierliches Färben
- Rotationsfilmdruck
- Ausrüstung von cellulosischen Fasern

Wie bereits zu Beginn von Kapitel 3 erwähnt, werden die Informationen zu den Abgasemissionen in einem separaten Kapitel (Kapitel 3.5) zusammengestellt.

3.3.2.1 Kontinuierliche Vorbehandlung von Gewebe

3.3.2.1.1 Vorbehandlung von Gewebe aus cellulosischen Fasern

Die Vorbehandlung von Baumwolle besteht meist aus den Prozessen Entschlichten, alkalisches Abkochen und Bleichen. Heutzutage werden diese Prozesse oft kombiniert. Abbildung 3.12 zeigt ein Verfahren, bei dem wasserlösliche Schlichtemittel durch einfaches Waschen mit Wasser entfernt werden. Die Entschlichtungsflotte trägt zu einem sehr wesentlichen Anteil zur organischen Fracht im Abwasser bei. Die CSB-Konzentration und CSB-Fracht kann mit Hilfe der Schlichtemittelaufgabe und der spezifischen CSB-Werte berechnet werden. Letztere sind in Anhang I enthalten. Nach Abbildung 3.12 beträgt der Wasserverbrauch für die Entschlichtung 4 l/kg. Bei einer angenommenen Schlichtemittelaufgabe von 6 Gewichts-% bezogen auf das Gewebe und einem spezifischen CSB-Wert von 1600 g O₂/kg (im Falle von Polyvinylalkohol), ergibt sich eine CSB-Konzentration in der Entschlichtungsflotte von 24000 mg O₂/l. Der entsprechende CSB-Emissionsfaktor liegt bei 96 g O₂/kg Gewebe. Der erwähnte Wasserverbrauch (4 l/kg) ist sehr niedrig und kann als bester erreichbarer Wert angesehen werden. Ältere Waschmaschinen haben höhere Verbräuche, die bis zum Faktor 5 höher liegen. Entsprechend liegt die CSB-Konzentration 5 Mal niedriger.

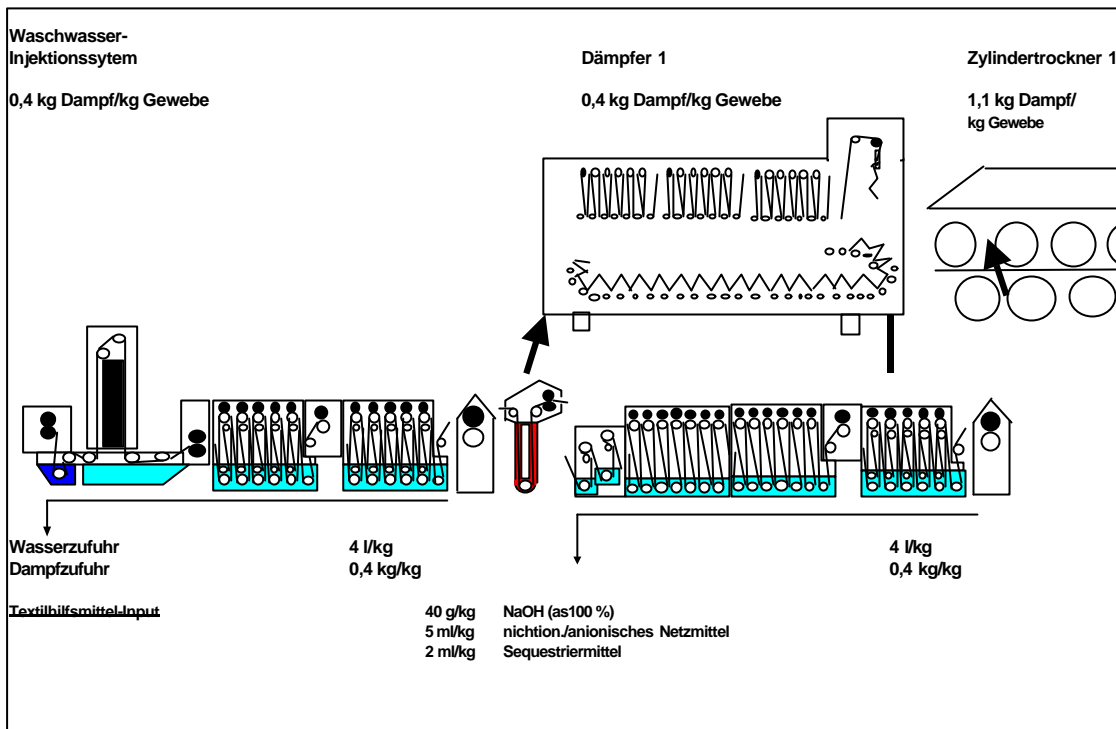


Abbildung 3.12: Typisches kontinuierliches Verfahren für das Entschlichten (in den ersten beiden Abteilen) und alkalische Abkochen mit folgender Prozesssequenz: Klotzen der Flotte für das alkalische Abkochen, Dampfbehandlung, Waschen, Trocknen (die Pfeile zeigen den Warenfluss an)

Im Falle von Stärke und modifizierter Stärke wird üblicherweise enzymatisch oder oxidativ (Kaltbleiche) entschlichtet mit nachfolgenden Waschschritten. In Anhang II sind typische Rezepturen für das enzymatische Entschlichten (vergleiche 2.1.1.1 in Anhang II), für das kalte oxidative Entschlichten (vergleiche 2.1.1.2 in Anhang II) und für das Entschlichten von wasserlöslichen Schlichtemitteln (vergleiche 2.1.1.3 in Anhang II) aufgeführt.

Das nachfolgende Bleichen wird auch kontinuierlich durchgeführt (Abbildung 3.13).

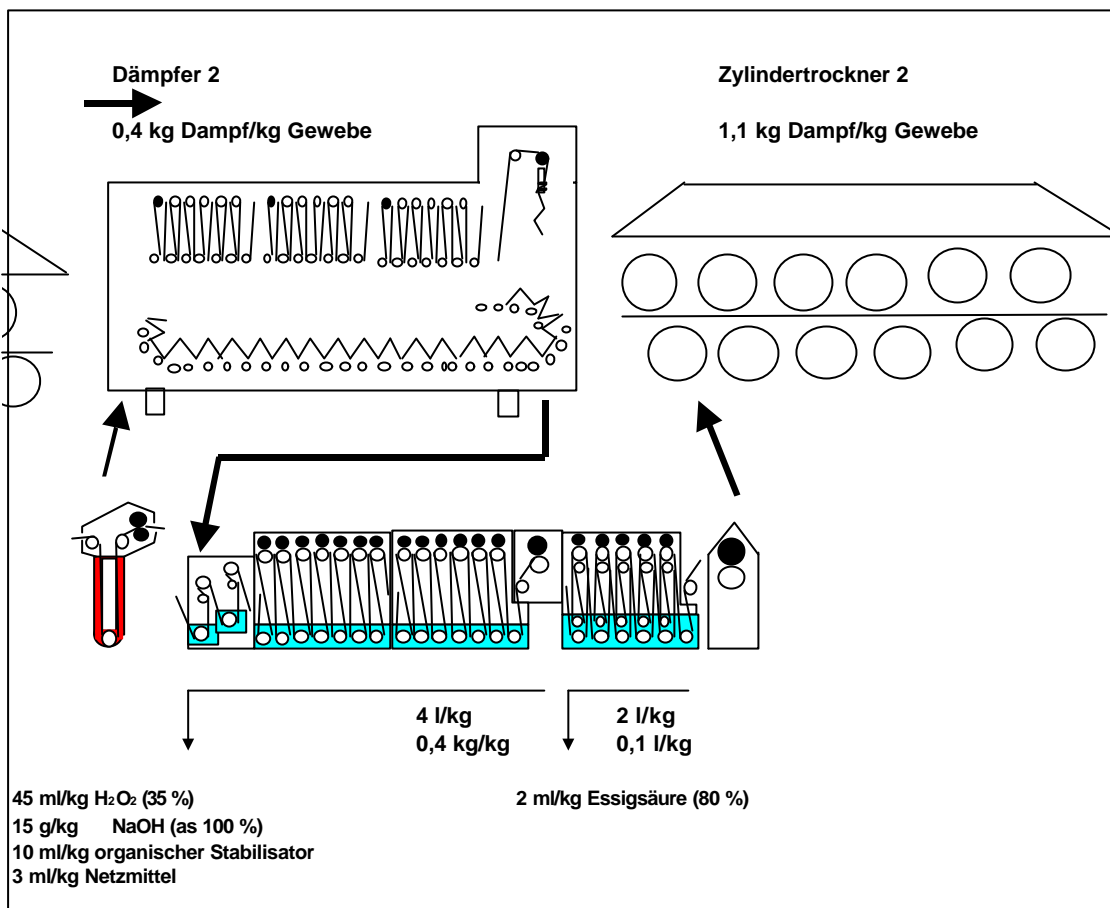


Abbildung 3.13: Typischer kontinuierlicher Bleichprozess mit der Sequenz: Klotzen der Bleichflotte, Dampfbehandlung, Waschen und Trocknen (die Pfeile zeigen den Warenfluss an)

Der Wasserverbrauch für die Vorbehandlungsprozesse für Baumwolle in modernen Maschinen ist in Tabelle 3.27 zusammengestellt. In älteren Maschinen können die Verbräuche deutlich höher sein. Tabelle 3.27 enthält auch Angaben für den Dampfverbrauch.

Vorbehandlungsprozess	Gesamter Wasserverbrauch [l/kg]	Verbrauch an Heißwasser [l/kg]	Dampfverbrauch ohne Wärmetauscher [kg/kg]	Dampfverbrauch mit Wärmetauscher [kg/kg]
Entschlichten	3 - 4	3 - 4	0,6 - 0,8	0,3 - 0,4
Waschen nach alkalischem Abkochen	4 - 5	4 - 5	0,8 - 1	0,4 - 0,5
Waschen nach Bleichen	4 - 5	4 - 5	0,8 - 1	0,4 - 0,5
Waschen nach Kaltbleichen	4 - 6	4 - 6	0,8 - 1,2	0,4 - 0,6

Tabelle 3.27: Spezifischer Wasser- und Dampfverbrauch für Prozesse zur Vorbehandlung von Baumwollgewebe

3.3.2.1.2 Vorbehandlung von Gewebe aus Synthefasern

Webware aus Synthefasern wird sowohl diskontinuierlich als auch kontinuierlich vorbehandelt. Der Hauptzweck der Vorbehandlung ist die Entfernung von Präparationsmitteln. Typische Rezepturen dafür enthält Anhang II.

Bei der kontinuierlichen Vorbehandlung treten im Abwasser hohe Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen auf. Wird beispielsweise ein Gewebe mit einer Auflage an Kohlenwasserstoffen von 1,5 Gewichts-% bei einem spezifischen Wasserverbrauch von 5 l/kg ausgewaschen, ergibt sich eine Konzentration an Kohlenwasserstoffen von 3000 mg/l. Einzelne Abwasserströme mit solch hohen Belastungen können als Konzentrate bezeichnet werden.

Gewebe mit Elastananteilen enthalten silikonöhlhaltige Präparationen (vergleiche Anhang I). Die vollständige Entfernung von Silikonöl kann sehr schwierig sein. In einigen Fällen wird dafür Tetrachlorethen eingesetzt. Dies erfolgt heute in geschlossenen Systemen mit sehr niedrigen Verlusten an Tetrachlorethen.

3.3.2.1.3 Vorbehandlung von Woll-Gewebe

Die Verfügbarkeit von Detailinformationen zur Vorbehandlung von Woll-Gewebe ist sehr begrenzt. Deshalb wird hier nur Bezug auf die Standardrezepturen genommen, die in Anhang I enthalten sind.

3.3.2.2 Kontinuierliches und semi-kontinuierliches Färben

Das Auszieh färben von Webware wird nicht beschrieben, da es dem von Maschenware sehr ähnlich ist. Im Grundsatz sind die Flottensequenzen die gleichen. Deshalb wird im folgenden nur das kontinuierliche und semi-kontinuierliche Färben beschrieben. Dabei ist das Aufbringen der Farbstoffe durch Klotzen das gleiche, aber die Fixierung ist unterschiedlich. Letzteres erfolgt bei Raumtemperatur (im Falle des Kalt-Klotz-Verweilverfahrens, bei dem das Textil bei langsamer Rotation 8-24 h verweilt) oder um 100°C beim Dämpfen oder bis zu 220°C bei heißer Luft etc.. Es gibt dafür verschiedene Verfahren. Die Zubereitung der benötigten Klotzflotten ist im Grundsatz für alle Prozesse gleich. Häufig wird die gesamte Flottenmenge vor ihrer Anwendung zubereitet. In der Regel bleiben Flottenmengen übrig, da sie mit einem gewissen Überschuss angesetzt werden, um Maschinenstillstände zu vermeiden. Heutzutage werden nach wie vor die Restflotten aus dem Foulard (oder Färbchassis) und dem Ansatzbehälter über das Abwasser entsorgt. Im Vergleich zur Gesamtabwassermenge eines Betriebes, ist das Volumen dieser konzentrierten Farbstofflösungen sehr klein. Trotzdem tragen sie zur gesamten Farbstofffracht im Abwasser zu einem hohen Anteil bei. Die Restmenge im Foulard hängt von der Breite, dem Warengewicht und der Gewebekonstruktion ab. Der Bereich liegt bei 10-15 l für moderne Anlagen und bis 100 l für ältere Fabrikate und schweren Geweben (>200 g/m²). Die Flottenreste in den Ansatztanks hängen von der angewandten Dosier- und Regeltechnik ab. Die Menge variiert zwischen wenigen Litern unter optimierten Bedingungen und bis zu 150-200 l in Extremfällen. Die Menge an Restfarbklotzflotten kann über die Anzahl der Partien pro Tag abgeschätzt werden (beispielsweise sind bei einer Warenmenge von 40.000 m/d und einer mittleren Partielänge von 800 m 50 Partien erforderlich). Die Anzahl der Partien multipliziert mit der mittleren Menge an Restflotte pro Partie ergibt die täglich insgesamt anfallende Restflottenmenge.

Bei einer realistischen Flottenaufnahme von 100% (was die Größenordnung angibt) und einem Bereich für die Farbtiefe von 0,2 - 10% variiert die Farbstoffkonzentration in den Färbeflotten zwischen 2 - 100 g/l. Betrachtet man nur die Farbstoffe und nicht auch die Hilfsmittel (die in den kommerziellen Produkten auch enthalten sind) kann man von einem spezifischen CSB von 1 g O₂/g Farbstoff ausgehen. Deshalb liegen die CSB-Werte für die Farbstoffe in den Klotzflotten zwischen 2000 - 100.000 mg O₂/l.

Im folgenden werden typische Rezepte für die wichtigsten Farbstoffklassen bzw. Arten an Farbklotzflotten aufgeführt (Tabelle 3.28 - Tabelle 3.31). Dabei werden die Farbstoffkonzentrationen mit "x" angegeben. Ihre Konzentrationen in den Flotten liegen in dem oben erwähnten Bereich.

	[ml/l]	Anmerkung
Reaktivfarbstoffe	x [g/l]	
NaOH 38°Bé	20 - 40	
Wasserglas 37/40° Bé	30 - 50	Heute sind auch Rezepturen ohne Wasserglas verfügbar; sie enthalten nur Alkali
Netzmittel	1 - 2	
Komplexbildner und Sequestriermittel	1 - 3	Überwiegend Phosphonate und Polyacrylate, um Silikatablagerungen zu minimieren
Harnstoff (45%)	ca. 200 g/l	Einsatz bei Reaktivfarbstoffen mit vergleichsweise niedriger Wasserlöslichkeit

Tabelle 3.28: Typische Rezeptur für eine KKV-Klotzflotte für das semi-kontinuierliche Färben von cellulosischen Fasern (CO und CV) mit Reaktivfarbstoffen

	[g/l]
Schwefelfarbstoffe	x
NaOH 38°Bé	20 - 30
Entschäumer	1 - 2
Netzmittel	1,5 - 3
Reduktionsmittel (flüssig)	20 - 30

Tabelle 3.29: Typische Rezeptur für Klotzflotten für das Färben von cellulosischen Fasern (CO und CV) mit Schwefelfarbstoffen

	[g/l]
Küpenfarbstoffe	x
Netzmittel	1 - 2
Komplexbildner und Sequestriermittel	1 - 3
Antimigriermittel	10 - 15
Zur Reduktion	
NaOH 38°Bé	60 - 120
Natriumdithionit	60 - 100
Netzmittel	1 - 2

Tabelle 3.30: Typische Rezeptur für Klotzflotten für das Färben von cellulosischen Fasern (CO und CV) mit Küpenfarbstoffen

	[g/l]
Küpen- und Dispersionsfarbstoffe	x
Netzmittel	1 - 2
Komplexbildner- und Sequestriermittel	1 - 3
Antimigriermittel	10 - 15
Essigsäure (60%)	0,5 - 1

Tabelle 3.31: Typische Rezeptur für die Klotzflotte zum Färben von Mischungen aus cellulosischen Fasern und Polyester mit Küpen- und Dispersionsfarbstoffen

3.3.2.3 Rotationsfilmdruck

Es ist bekannt, dass die beträchtlichen Druckpastenverluste beim Rotationsfilmdruck von hoher Umweltrelevanz sind. Zudem sind die Fixierraten der Farbstoffe beim Druck deutlich niedriger im Vergleich zum Ausziehfärben. Im Vergleich zum semi-kontinuierlichen und kontinuierlichen Färben sind die Unterschiede in den Fixierraten noch größer. Auch beim Druck sind die Fixierraten von Kupfer- oder Nickel-Phthalocyanin-Komplexfarbstoffen am niedrigsten und können weniger als 50% betragen.

Abhängig vom Durchmesser und der Länge beträgt die Druckpastenmenge in herkömmlichen Rakeln 2,5 - 4 kg. Die Schläuche und die Pumpe enthalten je Zuführungssystem um 2,5 kg. Auch die Rundschablonen enthalten einen Rest an Druckpasten (1 - 2 kg). So ergeben sich Verluste je Zuführungssystem für konventionelle Systeme von 6,5 - 8 kg. In Abhängigkeit von der Menge und dem Muster zu bedruckender textiler Substrate können die Druckpastenverluste höher sein als die auf das Textilsubstrat aufgedruckte Pastenmenge. Z.B. werden 40 kg Druckpaste benötigt für das Bedrucken von 250 m Gewebe mit einem Laufmetergewicht von 200 g/m und einem Bedeckungsgrad von 80% (Verhältnis der gesamten Fläche des Textilsubstrates zur bedruckten Fläche). Im Falle von 7 Farben und einem Verlust von 6,5 kg pro Zuführungssystem ergibt sich ein Verlust von 45,5 kg, der höher ist als die aufgedruckte Druckpastenmenge. Bei dieser Berechnung werden die Reste in den Druckpastenkübeln nicht berücksichtigt.

Druckpasten sind konzentrierte Mischungen verschiedener Chemikalien. In Bezug auf organische Verbindungen sind die Pigmentdruckpasten am konzentriertesten, während die Reaktivdruckpasten den niedrigsten Gehalt an organischen Verbindungen aufweisen. In Abbildung 3.14 - Abbildung 3.17 sind typische Rezepturen für Reaktivdruckpasten, Kündruckpasten, Dispersionsdruckpasten und Pigmentdruckpasten zusammengestellt.

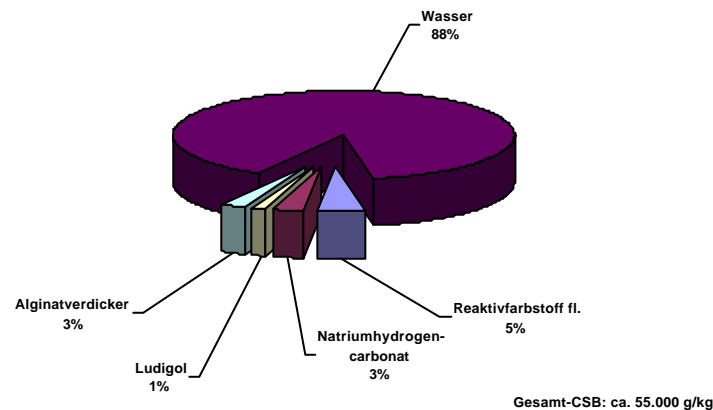


Abbildung 3.14: Typische Zusammensetzung von Reaktivdruckpasten

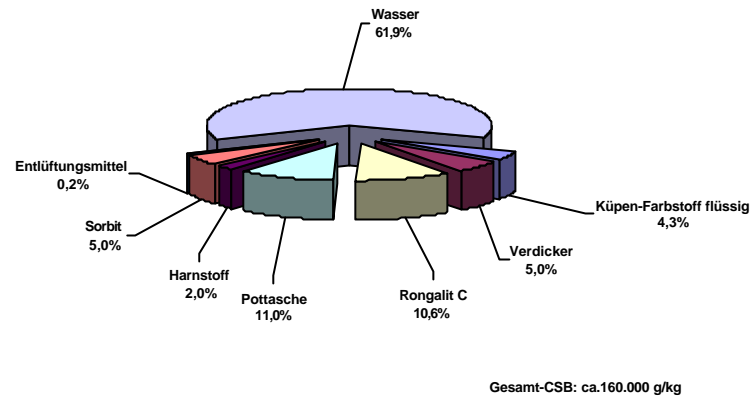


Abbildung 3.15: Typische Zusammensetzung von Küpdruckpasten

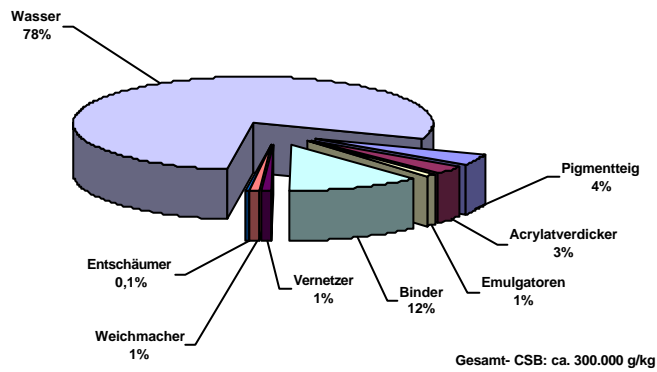
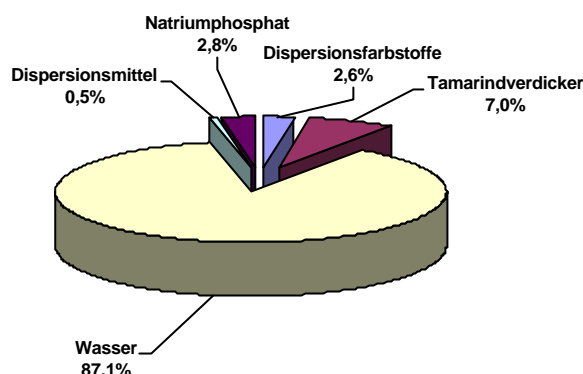


Abbildung 3.16: Typische Zusammensetzung von Pigmentdruckpasten



Gesamt- CSB: ca. 250.000 mg/kg

Abbildung 3.17: Typische Zusammensetzung von Dispersionsdruckpasten

Nach dem Drucken eines Musters wird das Druckgeschirr, bestehend aus Rakelrohren, Rundschaablonen, Zuführungsleitungen und Pumpen in speziellen Einrichtungen gewaschen. Typische Werte für den Wasserverbrauch sind:

- 350 l je Pumpe und Zuführungsschläuchen je Druckpasten-Zuführungssystem
- 35 l je Rakelrohr (bei modernen Wascheinheiten)
- 90 l je Rundschaablonen (bei modernen Wascheinheiten)

Außerdem wird Wasser zum Reinigen der Druckdecke in Höhe von ca. 1200 l/h benötigt. Normalerweise ist das Druckdecken-Waschwerk mit dem Druckvorgang gekoppelt. Üblicherweise wird nur ein Viertel der Zeit gedruckt. Weiterhin wird die umlaufende Decke des Trockners gewaschen. Der Verbrauch dafür beträgt ca. 400 l/h, wobei auch hier das Waschwerk mit dem Druckvorgang gekoppelt ist.

3.3.2.4 Ausrüsten von cellulosischen Fasern

Zum Ausrüsten kommt eine sehr große Anzahl von unterschiedlichen Chemikalien zum Einsatz, um bestimmte Gebrauchseigenschaften des Textils zu erzielen. Bei Gewebe werden die Chemikalien in der Regel mittels Foulard aufgeklotzt mit nachfolgender Reaktion und Fixierung in einem Spannrahmen. Üblicherweise wird das Gewebe nicht nachgewaschen. In einigen Fällen ist es aber notwendig. Dies kann mit Abwasserproblemen verbunden sein. Herausragende Beispiele dafür sind die Ausrüstung mit reaktiven Flammenschutzmitteln (Organophosphorverbindungen) und reaktiven Komponenten für die Bügelleicht-Ausrüstung. Tabelle 3.32 enthält für letztere eine repräsentative Rezeptur.

	[g/l]	
Dimethyloldihydroxyethylenharnstoff als Vernetzer	130 - 200	Die Reaktion erfolgt unter sauren Bedingungen (pH 2-3) bei einer Reaktionszeit von 20 - 40 h bei 25-30°C
H ₂ SO ₄ (48%)	15 - 30	
Waschmittel	2	Fettsäureethoxilate

Tabelle 3.32: Standardrezeptur für die Ausrüstung von Baumwoll-Webware mit reaktiven Bügelleicht-Komponenten; die CSB-Konzentration der Klotzflotte beträgt um 130.000 mg O₂/l

Die Chemikalien für die genannten Anwendungen sind biologisch nicht abbaubar und durchlaufen biologische Behandlungsanlagen nahezu unverändert. Auch die Adsorption an Belebtschlamm ist sehr niedrig.

Für Baumwollgewebe wird häufig die Knitter- und Krumpffreiausrüstung appiziert. In diesem Fall erfolgt keine Nachwäsche. Ein Beispiel dafür enthält Tabelle 3.33.

Spez. Warengewicht: 250 g/m ² Warenbreite: 1,6 m				
Rezeptbestandteile	Menge	x 0,91 wegen der Verdünnung	spez. CSB [g O ₂ /kg]	CSB-Konzentr. [mg O ₂ /l]
	[l/1000 m]			
Egalisier- und Dispergiermittel	5	4,55	645	2934,75
Methyldihydroxyethylenharnstoff	40	36,4	790	28756
MgCl ₂	10	9,1		
Natriumflourborat	0,15	0,14		
Optischer Aufheller	2	1,82	360	655,2
Vernetzungsadditiv	20	18,2	628	11429,6
Glättemittel	40	36,4	340	12376
Weichmacher 1	30	27,3	530	14469
Weichmacher 2	30	27,3	440	12012
	177,15			
	gesamt: 195 l Flotte/1000m		gesamt	82632,55

Tabelle 3.33: Typisches Rezept für die Verbesserung des Knitter- und Krumpfverhaltens

Ohne Nachwäsche beschränkt sich der Abwasseranfall auf die Restflotte im Foulard und im Ansatzbehälter. Die Reaktivkomponente (Methyldihydroxyethylenharnstoff), der optische Aufheller und der Weichmacher sind biologisch nicht abbaubar und tragen zum Rest-CSB im Ablauf von biologischen Behandlungsanlagen bei.

3.3.2.5 Verbrauch von chemischen Einsatzstoffen

Wie für Garn- und Maschen-Veredler folgt bei Gewebeveredlern die Kurve für die angewandten Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien einem hyperbolischen Verlauf. (Abbildung 3.18). Das gleiche gilt für TVB mit relevanter Druckereiabteilung (Tabelle 3.19).

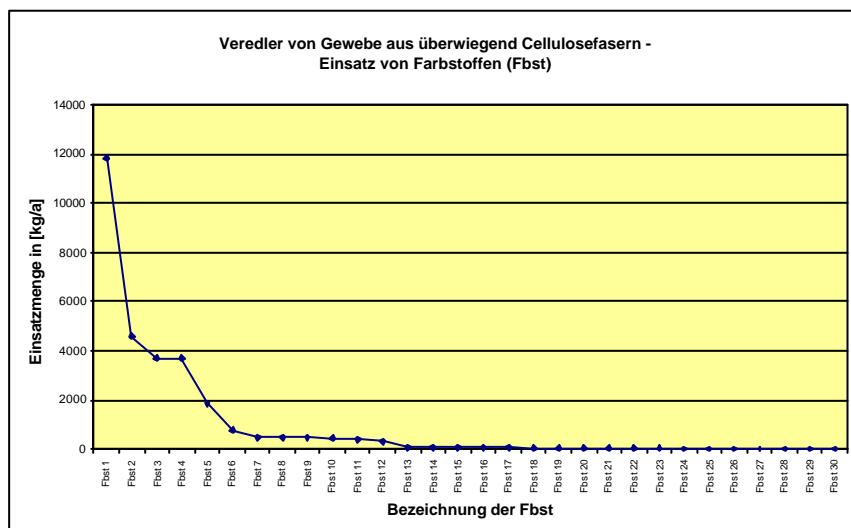
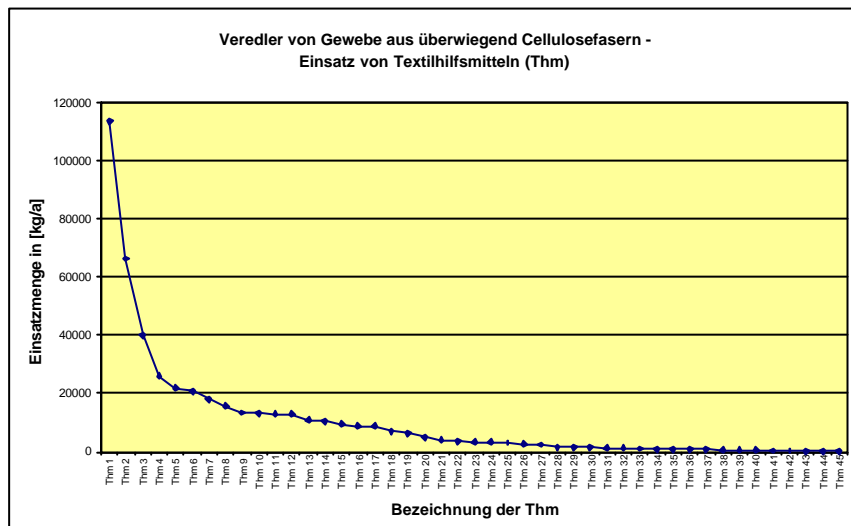
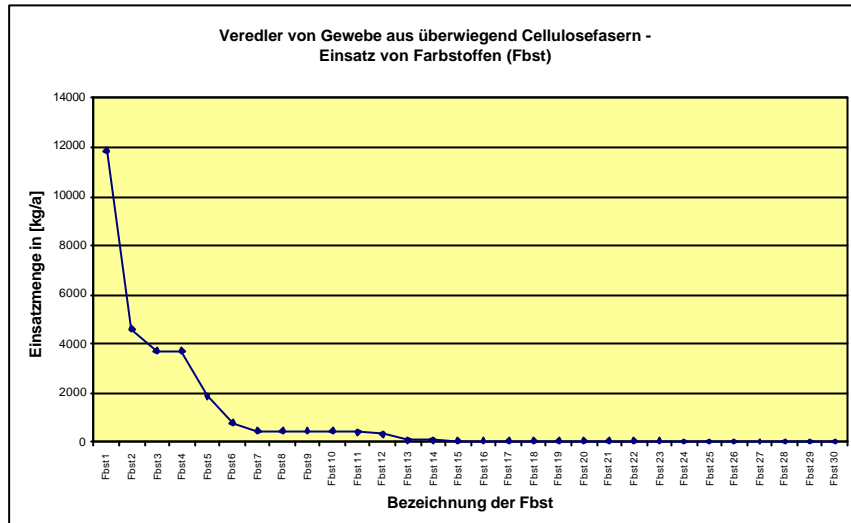


Abbildung 3.18: Typischer hyperbolischer Verlauf für den jährlichen Verbrauch von Farbstoffen, Textilhilfsmitteln und Textilgrundchemikalien für einen Baumwoll-Gewebeveredler - nach [UBA, 2001]

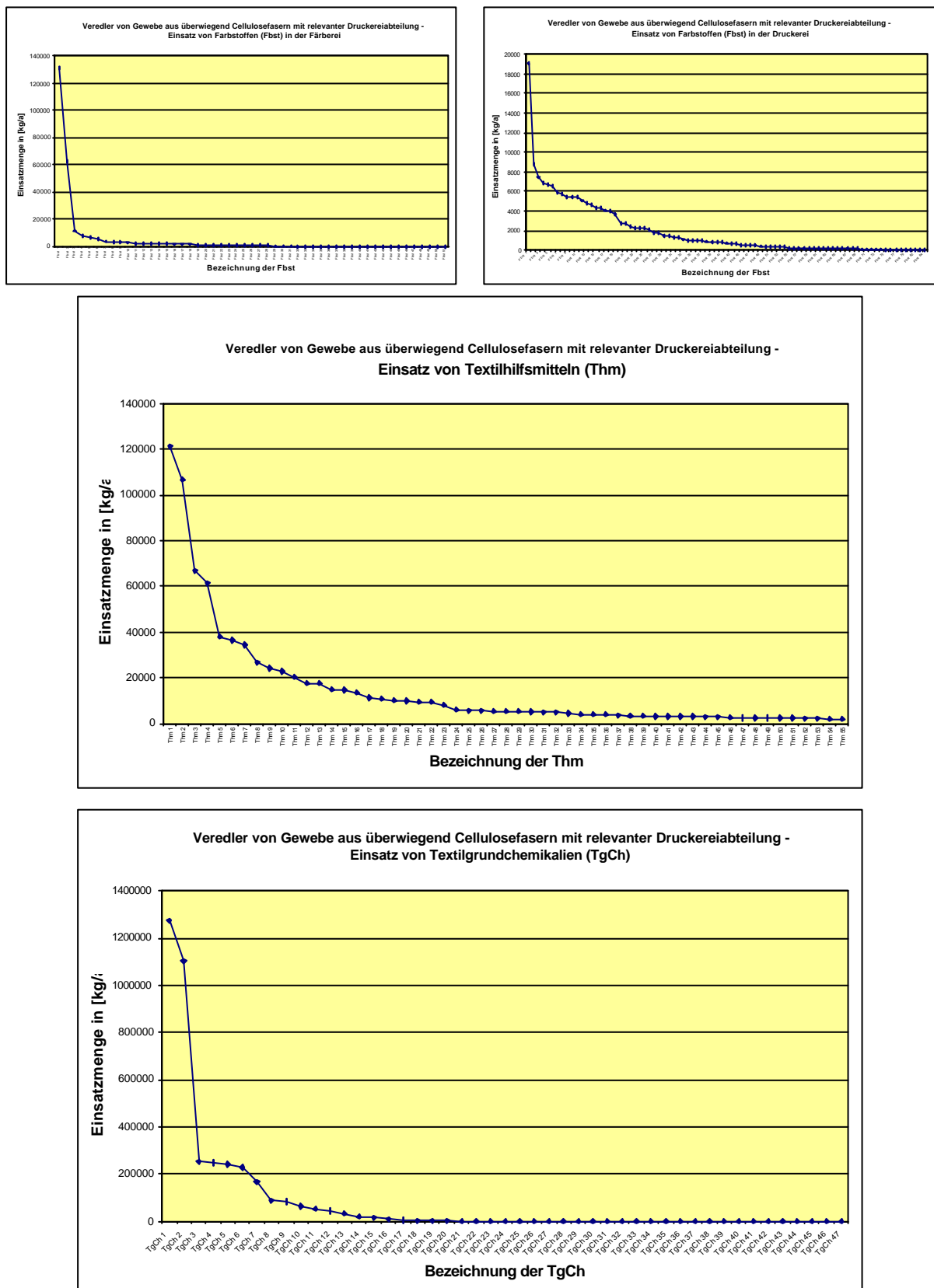


Abbildung 3.19: Typischer hyperbolischer Verlauf für den jährlichen Verbrauch von Farbstoffen, Textilhilfsmitteln und Textilgrundchemikalien für einen TVB mit relevanter Druckereiabteilung, der Gewebe aus cellulosischen Fasern veredelt; der Verbrauch an Farbstoffen zum Färben und Drucken ist separat dargestellt - nach [UBA, 2001]

3.4 Teppichveredlung

3.4.1 Standortbezogene Input-/Output-Daten

Die Informationen zur Veredlung von Teppichen sind nur begrenzt verfügbar. Grundsätzlich besteht sie aus drei Hauptprozessen:

- Färben (üblicherweise wird keine getrennte Vorbehandlung praktiziert; vielmehr werden die Präparationsmittel im Färbebad entfernt und dispergiert)
- Drucken
- Beschichten

In Tabelle 3.34 sind Angaben für die Abwasseremissionen von zwei Teppichveredlungsbetrieben zusammengestellt. Dabei ist der spezifische Verbrauch nicht auf kg, sondern auf m² bezogen. Beide Betriebe führen alle vorgenannten Prozesse durch. Der spezifische Wasserverbrauch von TVB 1 ist nur halb so hoch wie der von TVB 2. Die CSB-Konzentration liegt für beide im gleichen Bereich, weshalb TVB 2 einen doppelt so hohen CSB-Emissionsfaktor aufweist. Alle anderen Werte sind unauffällig.

Beim Auszieh färben fällt das meiste Abwasser an (ca. 80%), während der Anteil zum Drucken ca. 18,5% beträgt. Bei der Latex-Rückenbeschichtung fällt Abwasser aus der Reinigung der Ansatzstation und der Leitungen an mit einem Anteil am Gesamtabwasser von ca 1,5%. Das Latex-Abwasser wird üblicherweise mittels Fällung/Flockung behandelt, woraus beträchtliche zu beseitigende Schlamm-mengen resultieren.

Die angewandten Chemikalien werden in Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien eingeteilt. Die Verbrauchswerte für die beiden vorgenannten TVB sind folgende:

- Farbstoffe:	2,1 / 3,4	[g/m ² Teppich]	Für einen der beiden TVB ist nur der spezifische Verbrauch aller Chemikalien verfügbar; er beträgt 55,2 g/m ²
- Textilhilfsmittel:	21,6 /n.v.	[g/m ² Teppich]	
- Grundchemikalien:	4,4 /n.v.	[g/m ² Teppich]	

n.v. = nicht verfügbar

Einer der beiden TVB führt die Rückenbeschichtung mit Latex durch, der andere mit einem textilen Substrat.

Der gesamte spezifische Stromverbrauch der beiden TVB beträgt 0,9 und 1,3 kWh/m². Der Verbrauch an Öl und Erdgas ist nicht verfügbar.

3.4.2 Verfahrensbezogene Input-/Out-Daten für Teppichveredler

Detaillierte Informationen, die für ein realistisches und repräsentatives Bild benötigt werden, sind nicht verfügbar.

	spez. Q _{AW} [l/m²]	CSB Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/m²]	BSB5 Konz. E-Fak [mg O ₂ /l] [g/m²]	AOX Konz. E-Fak [mg Cl/l] [g/m²]	HxCy Konz. E-Fak [mg/l] [g/m²]	pH	L [mS/cm]	T [°C]	NH ₄ Konz. E-Fak [mg/l] [g/m²]	org.N Konz. E-Fak [mg/l] [g/m²]	Cu Konz. E-Fak [mg/l] [mg/m²]	Cr Konz. E-Fak [mg/l] [mg/m²]	Ni Konz. E-Fak [mg/l] [mg/m²]	Zn Konz. E-Fak [mg/l] [mg/m²]
TVB 1	14,7	1980 29				7	0,73	29			0,3 4,4	0,11 16,2		0,23 3,4
TVB 2	35,6	1670 59	490 17	0,28 0,01		6,8		37						

Tabelle 3.34: Konzentrationenwerte und substratmengenspezifische Emissionsfaktoren für das Abwasser von zwei TVB, die Teppiche mit Polyamidfasernveredeln
Zelle ohne Angabe bedeutet, dass der betreffende Wert nicht verfügbar ist

3.5 Abluftemissionen

3.5.1 Wichtigste Abluftquellen in der Textilveredlung

Sowohl gefasste, über Kamine abgeleitete Emissionen als auch diffuse Emissionen sind in Textilveredlungsbetrieben von Bedeutung. Letztere sind vor allem im Hinblick auf den Arbeitsschutz relevant. Die wichtigsten Quellen von gefassten Abluftemissionen sind die folgenden Prozesse:

- Sengen
- Fixieren (insbesondere in Veredlungsbetrieben, die Synthesefasern verarbeiten)
- Trocknen
- Drucken
- Chemische Ausrüstung
- Mechanische Ausrüstung (Staub beim Scheren, Rauhen etc.)
- Beschichten, Laminieren, Kaschieren
- Energieerzeugung (Kesselhaus)

Gefasste Emissionen werden in verschiedenen Textilveredlungsbetrieben mittels Abgasreinigungsanlagen minimiert. Die Reinigungstechnologien basieren meist auf der Kondensationstechnologie, wässrigen Wäschern und Elektrofiltern.

In der Vorbehandlung und Färberei überwiegen diffuse Emissionen (insbesondere, wenn mit flüchtigen Substanzen oder Substanzen mit einer hohen Wasserdampflichkeit „offen“ umgegangen wird, wie z. B. beim Abfüllen, Umfüllen, Dosieren, Abwiegen aber auch bei Be- und Entladungsvorgängen der Maschinen).

Abluftemissionen werden verursacht durch

- die Textilmaterialien
- die Textilhilfsmittel/Chemikalien und
- die Maschinen (direkt gasbeheizte Spannrahmen oder Trockner)

Im Folgenden wird zunächst das Emissionspotenzial der textilen Rohware beschrieben und eine Übersicht über die wichtigsten Substanzen, die in der Abluft von Textilveredlungsbetrieben detektiert werden können, gegeben (Kapitel 3.5.2 und 3.5.3).

In den Kapiteln 3.5.4 bis 3.5.9 wird auf den Verbrauch an Chemikalien und Textilhilfsmitteln in der Ausrüstung und auf Abluftemissionsdaten auf Prozessebene eingegangen. Die Ausrüstung, das Sengen, Drucken und Beschichten sowie die Energiegewinnung werden betrachtet. Kapitel 3.5.10 behandelt geruchsintensive Verfahren und Substanzen. Die Emissionscharakteristik in der Textilveredlung aus dem Blickwinkel einiger Beispiele auf Betriebsebene wird in den Kapiteln 3.5.11.1 bis 3.5.11.4 beschrieben. Kapitel 3.11.5 zeigt ein Beispiel für die Emissionsbeiträge entlang einer typischen Prozessabfolge in der Textilveredlung.

3.5.2 Textile Rohware

Emissionen aus der textilen Rohware werden bei

- thermischen Behandlungen von Rohwaren (insbesondere beim Thermofixieren),
- thermischen Behandlungen von Waren, die nur unzureichend gewaschen wurden (insbesondere beim Thermofixieren, Trocknen und Fixieren/Kondensieren) und
- der Vliesherstellung (thermische Verfestigung)

freigesetzt.

Mögliche Quellen der Abluftbelastungen durch die textile Rohware sind in Tabelle 3.35 dargestellt:

Fasern	Verunreinigungen/ Nebenprodukte	Abgasbelastung
Synthetische Fasern allgemein	Präparationen	Mineralöle, Fettsäureester und ihre Nebenprodukte bzw. thermische Abbauprodukte
Natürliche Fasern allgemein	Präparationen natürliche Verunreinigungen	Mineralöle, Fettsäureester und ihre Nebenprodukte bzw. thermische Abbauprodukte Abbauprodukte (insbesondere Alde- hyde)
PU (Elastan)	Restlösemittel Präparationen	N,N-Dimethylacetamid Silikone
m-Aramid	Restlösemittel	N,N-Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon
PAC	Restlösemittel	N,N-Dimethylformamid, N,N-Dimethylacetamid
PA 6	Restmonomer	epsilon-Caprolactam

Tabelle 3.35: Mögliche Quellen für Abluftbelastungen durch die textile Rohwaren

3.5.3 Typische Substanzen in der Abluft

Die Abluft von Textilveredlungsbetrieben kann sehr viele unterschiedliche Substanzen enthalten. In Abhängigkeit von ihrer Flüchtigkeit können die aktiven Komponenten aus den Textilhilfsmitteln, Verunreinigungen und Nebenprodukte der Formulierungen so wie auch Reaktionsprodukte dieser Substanzen in der Abluft nachgewiesen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die wichtigsten Substanzen, die bei Ausrüstungs-, Druck- und Beschichtungsvorgängen nachgewiesen werden können. Die Einstufung der Substanzen im Hinblick auf mehr oder weniger gefährliche Eigenschaften folgt den europäischen und deutschen Regelungen.

Substanzen	Mögliche Quellen
Aliphatische Kohlenwasserstoffe (C ₁ -C ₄₀)	Präparationen, Netzmittel, Druckpasten
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Carrier, Maschinenreiniger
Ketone	Verschiedene Textilhilfsmittel
Alkohole (niedermolekular)	Verschiedene Textilhilfsmittel
Ester (niedermolekular)	Verschiedene Textilhilfsmittel
Siloxane	Weichmacher
Carbonsäuren (z. B. Essigsäure)	pH-Einstellung
Fettsäuren	Nebenprodukte in Tensiden
Fettalkohole	Nebenprodukte in Tensiden
Fettsäureester	Nebenprodukte in Tensiden
Fettamine	Nebenprodukte in Tensiden
Aminoalkohole	Nebenprodukte in Tensiden
Diole, Polyole	Nebenprodukte in Tensiden
Glykolether	Nebenprodukte in Tensiden
Aliphatische, aromatische Ether	Verschiedene Textilhilfsmittel

Tabelle 3.36: Substanzen mit weniger gefährlichen Eigenschaften

Substanzen	Mögliche Quellen
Acetaldehyd	Polyvinylacetat, Essigsäure
Acrolein	Zersetzung von Glycerin
Acrylate (Methyl-, Ethyl-, Butyl-)	Beschichtungsmittel und Binder für Vliesstoffe
Acrylsäure	Polymere, Verdicker
Aliphatische Amine	Polymere (insbesondere Polyurethane)
Ammoniak	Schaumbildner, Verdicker
2- Aminoethanol	Netzmittel, Weichmacher
Benzylalkohol	Carrier
Biphenyl	Carrier
Bis (2-aminoethyl)-1,2-ethandiamin, N, N	Weichmacher
Butin-1,4 diol	Fluorcarbonharze
epsilon-Caprolactam	Polyamid 6 Pulver/Textilien
Chlormethan (Methylenchlorid)	Quaternäre Ammoniumverbindungen
Chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe	Carrier
Chlorethanol	Zersetzung von Flammschutzmitteln (Chlorierte P-Ester)
Chlorparaffine	Flammschutzmittel
Dichlorethen	Polyvinylidenchlorid
Dichlormethan	Lösemittelreinigung
Diethylentriamin	Weichmacher
Di(ethylhexyl)phthalat	Färbereihilfsmittel/Polymerdispersionen
Diglycidylether	Epoxidharze
Diisocyanatoluol, 2,4-	Fluorcarbonharze (Extender), Polyurethane
Diisocyanatoluol, 2,6-	Fluorcarbonharze (Extender), Polyurethane
N,N-Dimethylacetamid	Faserlösemittel (m-Aramide)
Dioxan, 1,4-	Tenside (Ethoxylate)
Diphenylmethan-2,4 diisocyanat	Extender, Polyurethane
Diphenylmethan-4,4' diisocyanat	Extender, Polyurethane
Dipropylentriamin	Weichmacher
Essigsäure-(2-ethoxyethyl)-ester	Weichmacher/Fluorcarbonharze
Ethoxyethanol	Weichmacher/Fluorcarbonharze
Ethandialdehyd (Glyoxal)	Vernetzer

Substanzen	Mögliche Quellen
Ethylendiamin	Weichmacher
Fluororganika, niedermolekular	Fluorcarbonharze
Formaldehyd	Vernetzer, Konservierungsmittel, Spannrahmen-abgas
Ameisensäure	verschiedene Textilhilfsmittel
Hexamethylendiamin	Polykondensationsprodukte
Hexamethylendiisocyanat	Fluorcarbonharze, Polyurethane
Hexanon, 2-	Fluorcarbonharze
Chlorwasserstoff	Katalysator
Isocyanatmethyl-3,5,5-trimethylcyclohexyl-isocyanat,3	Fluorcarbonharze, Polyurethane
N-Methylpyrrolidon	Faserlösemittel (m-Aramide), Maschinenreiniger
N-Alkylmorpholin	Beschichtungsmittel für Vliestoffe
Oxalsäure	Bleichhilfsmittel
Tetrachlorethen	Chemische Reinigung
Thioharnstoff	Färbereihilfsmittel
Triethylamin	Spezielle Vernetzer
Trikresylphosphat	Flammschutzmittel
Trimethylphosphat	Flammschutzmittel
Zinnderivate, organisch, anorganisch	Fluorcarbonharze, Hydrophobierungsmittel, Biozide
Vinylacetat	Polyvinylacetat

Tabelle 3.37: Substanzen mit gefährlicheren Eigenschaften

Substanzen	Mögliche Quellen
Arsentrioxid/Antimontrioxid	Flammschutzmittel
Dimethylsulfat	Quaternäre Ammoniumverbindungen
Ethylenimin	Flammschutzmittel
Acrylnitril	Polymerdispersionen
1,3-Butadien	Polymerdispersionen
2-Vinylcyclohexen	Polymerdispersionen
Epichlorhydrin	Polykondensationsprodukte
1,2-Epoxypropan (Propylenoxid)	Tenside (Propoxylate)
2,3-Epoxy-1-propanol	Antistatika
Ethylenoxid	Tenside (Ethoxylate)
Vinylchlorid	Polymerdispersionen (PVC)
Acrylamid	Reaktive Polymere, Flammschutzmittel
Butanonoxim	Fluorcarbonharze, Polyurethane
Pentachlorphenol	Pestizide
Propylenimin	Flammschutzmittel und Polyurethan-Vernetzer
N-Vinylpyrrolidon	Polyvinylpyrrolidon-Dispersionen

Tabelle 3.38: Substanzen mit krebserregenden Eigenschaften

3.5.4 Ausrüstung von Flächengebilden (Wirk-, Strick- und Webware)

3.5.4.1 Verbrauch an Chemikalien und Textilhilfsmitteln in der Ausrüstung

Der Verbrauch von Textilhilfsmitteln in der Ausrüstung ist abhängig von der

- Art des zu erreichenden textilen Effektes
- Art des zu veredelnden Substrates
- Rezeptur bzw. Art und Menge der eingesetzten Produkte
- Flottenaufnahme der Ware an der Auftragseinheit (z.B. Foulard) (üblicherweise 60 - 120% abhängig vom Substrat und der Materialkonstruktion)
- Menge an Restflotte.

Ausrüstungsrestflotten aus den Auftragseinheiten, Ansatzgefäßen und Rohrleitungen sind unvermeidbar. Sie fallen in relativ geringer Menge an, stellen aber hochkonzentrierte Restflotten dar.

Die Menge der Restflotten liegt im Bereich von ca. 0,5 bis ca. 35% (bezogen auf die Gesamtmenge der zubereiteten Ausrüstungsflotten) [EnviroTex, 2001]. Der niedrigere Wert wurde bei einem Eigenveredlungsbetrieb, der ausschließlich ein Substrat verarbeitet, festgestellt; der höhere Wert steht für einen Lohnveredler, der Kleinpartien und viele unterschiedliche Substrate veredelt.

Die Restflottenmengen sind abhängig von

- der Struktur des Betriebes (in der Lohnveredlung, mit ihren vielen unterschiedlichen Verfahren, werden im Vergleich zu Eigenveredlungsbetrieben normalerweise höhere Mengen an Restflotten beobachtet)
- der Konstruktion der Auftragssysteme (meist Foulards)
- der Partiegröße (werden nur kleine Stücke behandelt, ist die Restflottenmenge höher).

3.5.4.1.1 Typische Rezepturen in der Ausrüstung

In Tabelle 3.39 sind Rezepturen für Ausrüstungsflotten zusammengefasst. Die Rezepturen wurden in 22 Textilveredlungsbetrieben gesammelt. Es werden unterschiedliche Substrate (CO, WO, CV, PA, PES, PAC und Mischungen) und die wesentlichen Ausrüstungsmittel (Weichmacher, Phobiermittel, Schiebefestmittel, Pflegeleichtausrüstungsmittel, Antifilzmittel, Antistatika, optische Aufheller, Versteifungsmittel und Flammenschutzmittel) betrachtet. Es ist klar zu erkennen, dass in den meisten Fällen die Ausrüstungsflotte eine multifunktionale Aufgabe zu erfüllen hat (z. B. werden Weichmacher mit Vernetzern kombiniert). Der Gehalt an Textilhilfsmitteln in der Ausrüstungsflotte liegt in den meisten Fällen im Bereich zwischen 5-50 g/l. In einigen Fällen werden höhere Konzentrationen angewandt.

Effekt	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Rezeptur
Weichgriff-Ausrüstung	PES/CV/CO	150	Weichmacher: 130 g/l Aufschäummittel: 15 g/l
Weichgriff-Ausrüstung	PES	170	Weichmacher: 40 g/l
Weichgriff-Ausrüstung	CO	150	Weichmacher: 10 g/l
Weichgriff-Ausrüstung	PES/WO	130	Weichmacher: 5 g/l
Weichgriff-Ausrüstung	PAC	160	Weichmacher 1: 10 g/l Weichmacher 2: 10 g/l

Effekt	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Rezeptur
Weichgriff- Ausrüstung, opti- sch Aufhellen, antielektrostati- sche Ausrüstung	PES	185	Weichmacher: 5 g/l Optischer Aufheller: 19 g/l Anti-Elektrostatikum: 6 g/l Netzmittel: 2 g/l Egalisierungsmittel: 2 g/l
Weichgriff- Ausrüstung, Ver- steifung	CO	120	Stärke: 50 g/l Weichmacher 1: 30 g/l Weichmacher 2: 15 g/l Netzmittel: 2 g/l
Weichgriff- Ausrüstung, Ver- steifung	PES/PAC	130-170	Weichmacher: 160 g/l Versteifungsmittel: 20 g/l Netzmittel: 2 g/l
Weichgriff- Ausrüstung, anti- elektrostatische Ausrüstung	PA (Nass-in-Nass- Prozess)	150	Weichmacher: 10 g/l Anti-Elektrostatikum: 10 g/l
Hydrophob- Ausrüstung, Avi- vierung	PES	160-190	Hydrophobierungsmittel: 52 g/l Avivage: 27 g/l
Hydrophob- Ausrüstung, Avivierung, Weichgriff- Ausrüstung	PES	175	Hydrophobierungsmittel: 25 g/l Avivage: 20 g/l Weichmacher: 6 g/l
Hydrophob- Ausrüstung	PAC/PES	180	Hydrophobierungsmittel: 40 g/l Essigsäure: 2 g/l
Hydrophob- Ausrüstung	WO	150-190	Hydrophobierungsmittel: 60 g/l Netzmittel: 0,3 g/l Essigsäure: 1 g/l
Hydrophob- und Oleophobausrü- stung	PES/CV	160	Phobierungsmittel 1: 30 g/l Phobierungsmittel 2: 45 g/l Phobierungsmittel 3: 30 g/l Katalysator 1: 12 Vernetzer: 55 g/l Netzmittel: 10 g/l Essigsäure: 2 g/l
Oleophob- Ausrüstung	CV/CO/PES	165	Oleophobierungsmittel: 155 g/l Additive: 4 g/l
Schiebefest- Ausrüstung	CO/PES/CV	180	Schiebefestmittel-Mittel: 15 g/l
Schiebefest- Ausrüstung	PES/WO	130	Schiebefestmittel-Mittel: 30 g/l
Pflegeleicht- und, Weichgriff- Ausrüstung, optisch Aufhellen	CO/PES	150-180	Vernetzer: 25 g/l Katalysator: 8 g/l Netzmittel: 5 g/l Weichmacher: 15 g/l Optischer Aufheller: 4 g/l Farbstoff: 0,01 g/l Säure: 0,5 g/l

Effekt	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Rezeptur
Pflegeleicht- Ausrüstung	PES	155	Vernetzer (formaldehydfrei): 25 g/l Additive für Pflegeleicht- Ausrüstung: 10 g/l Dispergator: 1 g/l Stabilisatoren: 1 g/l Egalisiermittel: 5 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung	CV (Nass-in-Nass- Prozess)	170	Vernetzer: 150 g/l Katalysator 1: 50 g/l Katalysator 2: 18 g/l Weichmacher: 90 g/l Essigsäure: 1 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung	CV	190	Vernetzer: 50 g/l Katalysator 1: 20 g/l Katalysator 2: 0,5 g/l Weichmacher 1: 10 g/l Weichmacher 2: 40 g/l Essigsäure: 0,5 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung, optisch aufhellen	CO	100-150	Vernetzer: 50 g/l Weichmacher 1: 35 g/l Weichmacher 2: 10 g/l Optischer Aufheller: 25 g/l
Pflegeleicht- und, Weichgriff- Ausrüstung, Fär- berei-Nachbe- handlung	CO/EL	170	Vernetzer: 20 g/l Katalysator: 8 g/l Weichmacher: 30 g/l Nachbehandlungsmittel: 10 g/l Essigsäure: 1 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung, optisch aufhellen	CO	150	Vernetzer: 40 g/l Katalysator 1: 12 g/l Weichmacher 1: 25 g/l Weichmacher 2: 20 g/l Optischer Aufheller: 2 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung	CV/PA 6	180	Vernetzer: 65 g/l Katalysator 1: 20 g/l Katalysator 2: 0,2 g/l Weichmacher 1: 50 g/l Weichmacher 2: 15 g/l
Pflegeleicht- und Weichgriff- Ausrüstung	CV/PES	170	Vernetzer: 50 g/l Weichmacher 1: 50 g/l Weichmacher 2: 30 g/l Katalysator 1: 20 g/l Essigsäure: 1 g/l
Pflegeleicht-, Weichgriff- und, Schiebefest- Ausrüstung	LI/CO	180	Vernetzer: 70 g/l Katalysator: 40 g/l Schiebefestmittel: 35 g/l Weichmacher 1: 10 g/l Weichmacher 2: 40 g/l Entlüftungsmittel: 2 g/l
Antielektrostati- sche- und Schiebe- fest-Ausrüstung	PES	100	Schiebefestmittel: 90 g/l Anti-Elektrostatikum: 5 g/l
Antielektrostati- sche Ausrüstung, optisch Aufhellen	PES	190	Optischer Aufheller: 9 g/l Anti-Elektrostatikum: 7 g/l

Effekt	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Rezeptur
Filzfrei-Ausrüstung	WO	140-160	Filzfrei-Mittel 1: 35 g/l Filzfrei-Mittel 2: 35 g/l Entlüftungsmittel: 5 g/l
Filzfrei-Ausrüstung	PES/WO/EL	160-190	Filzfrei-Mittel: 30 g/l Beschichtung: 30 g/l Netzmittel: 0,3 g/l Natriumcarbonat: 2 g/l
Flammschutz	CO	145	Flammschutzmittel: 160 g/l

Tabelle 3.39: Typische Rezepturen in der Ausrüstung [EnviroTex, 2001]

Das Emissionspotenzial der Ausrüstungsrezepturen kann auf der Basis von Substanzemissionsfaktoren, der Konzentration der in der Ausrüstungsflotte eingesetzten Hilfsmittel und der Flottenaufnahme berechnet, vorausgesagt und optimiert werden (siehe unten stehende Formel und Tabelle 3.40).

Der Substanzemissionsfaktor ist definiert als die Menge organischer oder anorganischer Substanzen in Gramm, die unter definierten Prozessparametern (Verweilzeit, Temperatur, Substrat) von einem kg Textilhilfsmittel emittieren kann. Der Substanzemissionsfaktor f_c ist definiert als die gesamte Emission an organischen Substanzen angegeben als Gesamtkohlenstoff. Im Falle von toxischeren oder krebs-erregenden Substanzen und speziellen anorganischen Substanzen (Ammoniak, Chlorwasserstoff etc.) wird der stoffspezifische Substanzemissionsfaktor f_s angegeben.

Der warenbezogene Emissionsfaktor ist definiert als die Menge organischer und anorganischer Substanzen in Gramm, die unter definierten Prozessparametern (Verweilzeit, Temperatur, Substrat) von einem kg Textilware emittieren kann (siehe 4.2.1.1.2).

Durch Addition der Emissionsfaktoren der einzelnen Textilhilfsmittel innerhalb derselben Klasse (f_c und f_s) kann der warenbezogene Emissionsfaktor des gesamten Rezeptes berechnet werden.

Warenbezogener Emissionsfaktor WF_c/s [g Y/kg Textil] =

$\Sigma(\text{Substanzemissionsfaktor [g Y /kg THM]} \times \text{Flottenkonz. [g THM/kg Flotte]} \times \text{Flottenaufnahme [kg Flotte/kg Textil]}/1000)$

Y = g Organisch-C (Summenparameter für nicht- oder wenig toxische organische Substanzen)

Y = g Substanz (höher toxische organische Substanzen oder spezielle anorganische Substanzen (Ammoniak, Chlorwasserstoff etc.)

THM: Textilhilfsmittel

Informationen über die substanzspezifischen Emissionsfaktoren, die eine Voraussetzung zur Berechnung der oben genannten warenbezogenen Emissionsfaktoren, bzw. der gesamten Abluftemissionssituation des Textilveredlungsbetriebes darstellen, gibt die Textilhilfsmittelindustrie [TEGEWA 1994; LAI, 1997].

Flotte	Hilfsmittel	FK [g/kg]	FA [kg/kg]	Substrat	T [°C]	fs [g/g]	fc [g/g]	FK*FA* fs	FK*FA* fc	WFs [g/kg]	WFc [g/kg]
Rezept 1	Fettsäureester	20	0,65	CO	170	-	0,0152	-	0,2	-	-
	Polysiloxan	20	0,65	CO	170	-	0,0052	-	0,07	-	-
	Reaktantvemetzer mit Katalysator	100	0,65	CO	170	0,0041 FO	0,0009	0,27 FO	0,06	-	-
	Stearylarnstoffderivat mit Katalysator	20	0,65	CO	170	0,0165 FO	0,0162	0,21 FO	0,21	-	-
Summe 1		-	-	-	-	-	-	-	-	0,48 FO	0,54
Rezept 2	Weichmacher	50	1	CO	150	-	0,005	-	0,25	-	-
	Knitterfreieusrüstung (formaldehydfrei)	12	1	CO	150	-	0,010	-	0,12	-	-
	Katalysator	12	1	CO	150	-	0,008	-	0,1	-	-
Summe 2										-	0,47

FK: Flottenkonzentration in g Hilfsmittel/kg Flotte
 FA: Flottenaufnahme in kg Flotte/kg Substrat
 Substrat: auszurüstende textile Ware
 T: Temperatur bei der Ausrüstung in °C
 fs: Stoffspezifischer Substanzemissionsfaktor eines Hilfsmittels in g Stoff/g Hilfsmittel
 fc: Gesamtkohlenstoff-Emissionsfaktor eines Hilfsmittels in g Organisch-C/g Hilfsmittel
 WFs: Warenbezogener Emissionsfaktor für ein Rezept in g Stoff/kg Substrat
 = $\dot{O}(\text{FK} \cdot \text{FA} \cdot \text{fs})$
 WFc: Warenbezogener Gesamtkohlenstoff-Emissionsfaktor für ein Rezept
 in g Organisch-C/kg Substrat = $\dot{O}(\text{FK} \cdot \text{FA} \cdot \text{fc})$
 FO: Formaldehyd

Tabelle 3.40: Zwei Beispiele für die Berechnung der warenbezogenen Emissionsfaktoren

3.5.4.2 Abluftemissionen

3.5.4.2.1 Typische substanzspezifische Emissionsfaktoren von Textilhilfsmitteln

Die Flüchtigkeit von Textilhilfsmitteln kann wie unter Punkt 3.5.4.1 beschrieben mittels Substanzemissionsfaktoren charakterisiert werden.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die wesentlichen Textilhilfsmittelklassen und ihre Substanzemissionsfaktoren bzw. ihr Potenzial Organisch-C oder spezifische Substanzen wie Formaldehyd während thermischer Behandlungen in der Veredlung zu emittieren. Es werden nur Textilhilfsmittel aus dem „Textilhilfsmittelkatalog“ [THK, 2000] angeführt [EnviroTex, 2001]. Alle in den folgenden Tabellen erwähnten Emissionsfaktoren wurden entsprechend dem Bausteine-Konzept für die Textilveredlung bestimmt [LAI, 1997].

Aufgrund der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung und unterschiedlichen Art und Menge an Aktivsubstanzen, Nebenprodukten und Verunreinigungen werden zum Teil deutliche Unterschiede im Emissionsverhalten von Textilhilfsmitteln, die zur gleichen Textilhilfsmittelklasse zählen, beobachtet.

Insbesondere

- konventionelle Präparationsmittel auf Basis von Mineralölen und Fettsäureestern
- einige Entschäumer
- einige Netzmittel
- einige Avivagen
- Carrier
- einige Flammenschutzmittel und
- einige Antimikrobiotika

stellen Textilhilfsmittel mit einem hohen Emissionspotenzial im Hinblick auf Organisch-C dar. Ausnahmen sind jedoch zu beachten.

Formaldehyd wird im Wesentlichen aus Textilhilfsmitteln auf Basis einer Vernetzerchemie freigesetzt (z. B. Knitterfreiausrüstung, reaktive FlammSchutzausrüstung). Bei den Knitterfrei-Ausrüstungen ist das Formaldehyd-Emissionspotenzial von Melaminderivaten in den meisten Fällen höher als das von Textilhilfsmitteln auf Basis von Dimethyloldihydroxyethen-Harnstoffderivaten (siehe Tabelle 3.42, Tabelle 3.43 und Tabelle 3.48).

Entschäumer, die einen hohen Anteil an flüchtigen Kohlenwasserstoffen als Aktivsubstanz enthalten, haben im Vergleich zu den Produkten auf Silikonbasis ein sehr hohes Emissionspotenzial (siehe Tabelle 3.44).

Für Netzmittel auf Basis des leichtflüchtigen Tributylphosphats werden substanzspezifische Emissionsfaktoren bis zu ca. 340 g Organisch-C/kg beobachtet. Da verschiedene Additive/Nebenprodukte, die im Sicherheitsdatenblatt nicht angegeben sind, und die Menge an Aktivsubstanz stark variieren können, nehmen die Emissionsfaktoren der Netzmittel einen großen Bereich ein (siehe Tabelle 3.45).

Die Emissionsfaktoren für Weichmacher auf Basis von Fettsäurederivaten liegen zwischen 1 und 5 g Organisch-C/kg. Weichmacher auf Basis von Polysiloxanen zeigen höhere Werte. Der höchste in Tabelle 3.46 aufgeführte Wert wurde bei einem Fettsäurederivat mit Paraffinanteil festgestellt.

Carrier enthalten im Allgemeinen leichtflüchtige Substanzen; Emissionsfaktoren über 300 g Organisch-C/kg werden beobachtet (siehe Tabelle 3.47 und Kapitel 3.5.5.1).

Die beim Färben eingesetzten Egalisierungsmittel können - wie die Carrier - in thermische Behandlungsschritte verschleppt werden und dort zu einer beachtlichen Abluftbelastung führen. Sie werden jedoch aufgrund fehlender Daten hier nicht erwähnt.

Unterschiede im Emissionspotenzial von Flammschutzmitteln werden im Wesentlichen durch die unterschiedliche Art und Menge der Aktivsubstanzen und Nebenprodukte/Verunreinigungen (Alkohole (Methanol im Falle reaktiver Typen), Glykole, Glykolether) verursacht (siehe Tabelle 3.48).

Die Emissionsfaktoren der Hydrophobier/Oleophobierungsmittel (siehe Tabelle 3.49) unterscheiden sich signifikant. Dies wird im Wesentlichen durch die unterschiedliche Art und Menge an Lösemitteln für die Fluorcarbonharze (z. B. Butyl/Ethylacetat, Methylethyl/Isobutylketon, Ethandiol, Propandiol) verursacht. Bei paraffinhaltigen Typen bestimmt die Art und Menge der eingesetzten Paraffine den Emissionsfaktor.

Im Falle der Avivagen ist klar zu erkennen, dass die Produkte auf Basis von Paraffinen ein höheres Emissionspotenzial besitzen als Fettsäurederivate (siehe Tabelle 3.50).

Für optische Aufheller und Antielektrostatika variieren die Emissionspotenziale aufgrund unterschiedlicher Aktivsubstanzen und Unterschiede in der Formulierung der Textilhilfsmittel (Tabelle 3.51 und Tabelle 3.52).

Füll- und Versteifungsmittel basierend auf natürlichen oder synthetischen Polymeren haben ein niedriges Emissionspotenzial (siehe Tabelle 3.53).

Das Emissionspotenzial für Nachbehandlungsmittel ist niedrig (siehe Tabelle 3.54).

Biozide können aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten; dies führt zu erhöhten Emissionsfaktoren (siehe Tabelle 3.55).

Das Emissionspotenzial von Schiebefest-/Maschenfestmitteln auf Basis von Kieselsäure ist sehr niedrig (siehe Tabelle 3.56).

Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
Mineralöle	500-800	190; 2 (PES)
Konventionelle Fettsäureester	100-250	190; 2 (PES)
Sterisch gehinderte Fettsäureester	50-100	190; 2 (PES)
Polyolester	20-200	190; 2 (PES)
Polyester- /polyethercarbonate	10-50	190; 2 (PES)

Tabelle 3.41: Substanzemissionsfaktoren: Präparationsmittel

	Organisch-C [g/kg]	Formaldehyd [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]); Substrat
A	14	4	170; 4 (CO)
B	15	5	170; 3 (CO/PES)
C	2	6	180; 1,5 (CO)
D	15	4	170; 3 (CO/PES)
E	20	4	170; 3 (CO)
F	23	3	150; 2 (CO)
G	5	3	170; 3 (CO)

Tabelle 3.42: Substanzemissionsfaktoren (Organisch-C und Formaldehyd): Pflegeleichtausstattungsmittel auf Basis von Dimethyloldihydroxyethen-Harnstoff-Derivaten

	Organisch-C [g/kg]	Formaldehyd [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	13	6	160; 1 (PES)
B	33	19	190; 1,5 (PES)
C	24	31	170; 1,5 (CO)
D	21	51	170; 3 (CO)
E	7	5	150; 3 (CO)
F	11	4	170; 3 (CO)

Tabelle 3.43: Substanzemissionsfaktoren (Organisch-C und Formaldehyd): Pflegeleichtausstattungsmittel auf Basis von Melaminderivaten

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Fettsäureethoxylate, Kohlenwasserstoffe	112	190; 1,5 (PES)
B	Silikone	22	160; 2 (PES)
C	Kohlenwasserstoffe (80%)	573	170; 4 (CO)
D	Kohlenwasserstoffe	737	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.44: Substanzemissionsfaktoren: Entschäumer

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Fettalkoholethoxylate	64	150; 2 (WO)
B	Fettalkoholderivate	31	190; 1,5 (PES)
C	Tributylphosphat	239	170; 4 (CO)
D	Tributylphosphat	228	170; 4 (CO)
E	Tributylphosphat	335	190; 1,5 (PES)
F	Phosphorsäureester	45	170; 4 (BW)
G	Fettalkoholethoxylate	81	190; 1,5 (PES)
H	Fettalkoholethoxylate	294	190; 1,5 (PES)
I	Alkylsulfonate	142	150; 1,5 (PES)

Tabelle 3.45: Substanzemissionsfaktoren: Netzmittel

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Polysiloxan	19	170; 4 (CO)
B	Polysiloxan	10	170; 4 (CO)
C	Polysiloxan	3	170; 3 (CO)
D	Polysiloxan	17	160; 0,5 (CO)
E	Polysiloxan, Polyethylen	0,6	170; 4 (CO)
F	Polysiloxan	17	170; 4 (CO)
G	Fettsäurederivate	1,9	170; 3 (CO)
H	Fettsäurederivate	4	170; 4 (CO)
I	Fettsäurederivate	5	170; 2 (CO)
K	Fettsäurederivate	2	170; 3 (CO)
L	Fettsäurederivate	1	170; 4 (CO)
M	Fettsäurederivate, Wachse	38	180; 1,5 (PES)

Tabelle 3.46: Substanzemissionsfaktoren: Weichmacher

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Aromatische Carbonsäurederivate	357	150; 4 (PES)
B	Aromatische Ester	219	190; 1 (PES)
C	Alkylphthalimidderivate	125	150; 4 (PES)
D	Biphenyl	220	150; 4 (PES)
E	o-Phenylphenol	354	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.47: Substanzemissionsfaktoren: Carrier

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Phosphonsäurederivate	124	190; 1,5 (PES)
B	Phosphonsäurederivate	37	100; 1 (PES)
C	Anorganische Salze	2	170; 3 (CO)
D	Organische P-Verbindung	19; Formaldehyd: 30 g/kg	160; 3,5(CO)
E	Organische P-Verbindung	0,2; Formaldehyd: 3,6 g/kg	120; 2 (CO)
F	Alkylphosphat	109	150; 2 (PES)
G	Anorganische/ organische Salze	12	110; 2 (PES)
H	Organische P- Verbindung	24	175; 1 (PES)
I	N- und P-enthaltende Verbindung	0,2	150; 3 (CO)
K	Anorganische/ organische Salze	3	110; 2 (PES)
L	N- und P-enthaltende Verbindung	30	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.48: Substanzemissionsfaktoren: Flammschutzmittel

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Fluorcarbonharz	43	190; 1,5 (PES)
B	Fluorcarbonharz	47 42	190; 1,5 (PES) 170; 4 (CO)
C	Fluorcarbonharz	23	150; 4 (CO)
D	Fluorcarbonharz	19 9	150; 3 (CO) 170; 3 (PES)
E	Fluorcarbonharz	22	150; 3 (PES)
F	Verschiedene Fluorcar- bonharze (gleicher Her- steller)	13; 15; 5; 7 22; 8; 13; 37	170; 4 (CO) 190; 1,5 (PES)
G	Paraffine, anorganische Salze	43	120; 2 (CO)
H	Paraffine, Zr-Salz	15	150; 4 (CO)
I	Paraffine	29	170; 3 (CO)
K	Polysiloxan	37	150; 3 (CO)
L	Polyurethanderivat	25	170; 3 (CO)
M	Melaminderivat	19; Formaldehyd: 2 g/kg	140; 4 (CO)

Tabelle 3.49: Substanzemissionsfaktoren: Phobiermittel

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Paraffine, Polyethylen	75	190; 1,5 (PES)
B	Fettsäureester	13	170; 4 (CO)
C	Wachs	67	190; 1,5 (PS)
D	Paraffine	79	190; 1,5 (PES)
E	Wachs	172	190; 1,5 (PES)
F	Fettsäurederivat	5	170; 1,5 (CO)
G	Fettsäurederivat	2	140; 2 (CO)
H	Fettsäurederivat	3	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.50: Substanzemissionsfaktoren: Avivagen

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Diaminostilben- disul- fonsäure	2	170; 3 (BW)
B	Pyrazolinderivat	32	190; 1,5 (PES)
C	Diaminostilben- disul- fonsäure	3	170; 3 (BW)
D	Benzoxazolderivat	2	190; 1,5 (PES)
E	Distyrylbenzolderivat	18	190; 1,5 (PES)
F	Pyren- und Oxazolderi- vate	22	190; 1,5 (PES)
G	Benzoxazolderivat	11	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.51: Substanzemissionsfaktoren: Optische Aufheller

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Organische Salze	72	150; 3 (PES)
B	Alkylphosphat	27	190; 1,5 (PES)
C	Polyglykolether	7	150; 3 (PES)
D	Org. P-Verbindung	14	170; 1 (PES)
E	Quaternäre Ammoni- um-Verbindung	4	190; 1,5 (PES)
F	Alkylphosphat	5	190; 1,5 (PES)
G	Quaternäre Ammoni- um-Verbindung	24	190; 1,5 (PES)

Tabelle 3.52: Substanzemissionsfaktoren: Antistatika

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Polyvinylalkohol	3	170; 1,5 (CO)
B	Stärkederivat	1	160; 4 (CO)
C	Polyacrylat	2	170; 1,5 (CO)

Tabelle 3.53: Substanzemissionsfaktoren: Füll- und Versteifungsmittel

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Quaternäre Ammonium-Verbindung	3	170; 1,5 (CO)
B	Quaternäre Ammonium-Verbindung	3	170; 4(CO)
C	Quaternäre Ammonium-Verbindung	< 1	180; 1 (CO)

Tabelle 3.54: Substanzemissionsfaktoren: Nachbehandlungsmittel zur Echtheitsverbesserung

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Heterocyclische Verbindungen	5	170; 4 (CO)
B	Aromatische Verbindungen	47 241	170; 4 (CO) 190; 1,5 (PES)
C	Isothiazolinon	55	190; 1,5 (PES)
D	Isothiazolinon	46 302	170; 4 (CO) 190;1 (PES)

Tabelle 3.55: Substanzemissionsfaktoren: Antimikrobiotika

	Aktivsubstanzen	Organisch-C [g/kg]	Testbedingungen (Temperatur [°C]; Verweilzeit [min]; Substrat)
A	Kieselsäure	0.6 3.7	100; 0,5 (CO) 170; 3 (PES)
B	Kieselsäure	1.3 2.8	170; 3 (CO) 170; 1,5 (PES)

Tabelle 3.56: Substanzemissionsfaktoren : Schiebefest-/Maschenfestausrüstung

3.5.4.2.2 Gefasste Abluftemission

Die Emissionsdaten von 15 Textilveredlungsbetrieben werden untenstehend aufgezeigt. Von jedem Textilveredlungsbetrieb wurden mehrere unterschiedliche Prozesse betrachtet. Als Datenquelle dienten Messresultate von behördlich vorgeschriebenen Messungen.

3.5.4.2.3 Typische Abgasvolumenströme, Abgastemperaturen und Luft/Warenverhältnisse

In Tabelle 3.57 sind Abgasvolumenströme, Abgastemperaturen sowie Luft/Warenverhältnisse (Luftmenge in m³, die für die Behandlung von 1 kg Ware benötigt wird) für Spannrahmenprozesse zusammengefasst. Ist eine Abgasreinigungsanlage installiert, sind die Werte für das Reingas angegeben [EnviroTex, 2001].

Im Hinblick auf die Daten in Tabelle 3.57 kann ein mittleres Luft/Warenverhältnis von ca. 30 Nm³/kg Textil (Extremwerte > 100 Nm³/kg Textil und < 10 Nm³/kg Textil wurden bei der Mittelwertbildung nicht beachtet) ermittelt werden.

Das Abgas hat eine mittlere Temperatur von

- 373 °K (ca. 100 °C) (keine Abgasreinigung installiert)
- 318 °K (ca. 45 °C) (Abgasreinigung installiert).

Textilbetrieb Prozess	Spannrahmen- technologie, Abgasreinigung	Prozess	Warenstrom [kg/h]	Abgasvolume n- strom [Nm³/h]	Abgastempera- tur [°K]	Luft/Waren- verhältnis [Nm³/kg]
1.1	direkt beheizt	Thermofixieren	30 (sehr geringes Warengewicht)	4400	430	147
1.3	direkt beheizt	Ausrüsten	222	4550	391	21
2.1	indirekt beheizt Thermoöl	Ausrüsten	569	9780	411	17
2.4	indirekt beheizt Thermoöl	Ausrüsten	583	11200	439	19
3.4	direkt beheizt Wärmeaustauscher	Thermofixieren vorgewaschener Ware	1146	11800	351	24
3.5	direkt beheizt Wärmeaustauscher Elektrofilter	Thermofixieren	1146	13700	322	12
4.3	direkt beheizt	Ausrüsten	588	9280	358	16
4.4	indirekt beheizt	Ausrüsten	658	9280	358	14
5.1	indirekt beheizt	Ausrüsten	337	15200	348	45
5.4	indirekt beheizt	Ausrüsten	308	15200	348	49
6.1	indirekt beheizt Wärmeaustauscher	Ausrüsten	1166	10200	314	9
6.2	indirekt beheizt Wärmeaustauscher	Ausrüsten	451	4440	348	10
7.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Beschichten	408	8560	313	21
8.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Ausrüsten	513	11800	313	23
8.2	direkt beheizt wässriger Wäscher	Ausrüsten	628	12000	314	19
8.3	direkt beheizt wässriger Wäscher	Beschichten	586	11800	311	20

Textilbetrieb Prozess	Spannrahmen- technologie, Abgasreinigung	Prozess	Warenstrom [kg/h]	Abgasvolume n- strom [Nm³/h]	Abgastempera- tur [°K]	Luft/Waren- verhältnis [Nm³/kg]
9.2	indirekt beheizt	Ausrüsten	199	1370	346	7
9.3	indirekt beheizt	Ausrüsten	322	5930	320	18
10.2	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	289	11200	310	39
10.4	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	412	14900	310	36
11.4	direkt beheizt wässriger Wäscher Elektrofilter	Thermofixieren	546	20800	319	38
11.5	direkt beheizt wässriger Wäscher Elektrofilter	Ausrüsten	312	20800	319	67
12.1	direkt beheizt	Ausrüsten	422	9030	393	21
12.2	direkt beheizt	Ausrüsten	397	9030	393	23
13.1	direkt beheizt Kondensation Elektrofilter	Thermofixieren	259	23000	290	89
13.3	direkt beheizt Kondensation Elektrofilter	Thermofixieren	213	23000	290	108
14.2	direkt beheizt	Ausrüsten	505	13200	370	26
14.4	direkt beheizt	Ausrüsten	352	12900	370	37
15.1 (Rohgasdaten)	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	907	10600	311	12

Tabelle 3.57: Abluftvolumenstrom, Ablufttemperatur und Luft/Warenverhältnis (gemessene Werte)

3.5.4.2.4 Typische Emissionsdaten Massenkonzentrationen und Emissionsfaktoren)

In Tabelle 3.58 sind die prozessspezifischen Emissionsdaten (Massenkonzentrationen, Emissionsfaktoren und Massenströme) für die 15 in Tabelle 3.57 erwähnten Textilveredlungsbetriebe zusammengestellt [EnviroTex, 2001]. Sind Abgasreinigungssysteme installiert, beziehen sich alle Werte von Tabelle 3.58 auf das Reingas. Im Falle von direkt beheizten Spannrahmen wird der Organisch-C-Beitrag des Gases (Methan, Propan, Butan; siehe Kapitel 3.5.4.2.2.3) separat erwähnt und ist in den angegebenen Daten der Organisch-C-Werte (Emissionsfaktor, Massenstrom und Konzentration) nicht enthalten.

Die folgenden Prozesse bzw. Rezepturen wurden betrachtet (in einigen Fällen werden mehrere, verschiedene Ausrüstungseffekte in nur einem Prozess erreicht, indem eine Kombination unterschiedlicher Textilhilfsmittel eingesetzt wurde):

- Thermofixieren von Rohware und vorgewaschener Ware
- Weichgriff-Ausrüstung
- Pflegeleichtausrüstung
- Antielektrostatische Ausrüstung
- Optisch Aufhellen
- Hydrophob-Ausrüstung
- Versteifung
- Beschichtung
- Schiebefest-Ausrüstung

Aus der Tabelle 3.58 kann entnommen werden, dass

- das Thermofixieren von Rohware zu einer signifikanten Belastung der Abluft führen kann. Beim Thermofixieren von PA 6 emittieren größere Mengen an Caprolactam (siehe Prozesse 1.1 und 13.3).
- im Falle der Rohfixierung von Textilien, die emissionsarme Präparationen enthalten, deutlich niedrigere Emissionen beobachtet werden (siehe Textilbetrieb 15).
- thermische Behandlungen von Textilien auf einem Spannrahmen von vorgelagerten Veredlungsprozessen beeinflusst werden können (Verschleppung von Carriern aus der Färberei in Prozess 4.4 und Verschleppung von Perchlorethylen aus einer vorgelagerten Chemisch Reinigung in den Prozessen 12.1 und 12.2).
- mit Ausnahme von Rohfixierprozessen (wenn konventionelle Präparationen eingesetzt wurden) ein Emissionsfaktor von 0,8 g Organisch-C pro kg Textil in fast allen Prozessen der Textilveredlung erreicht werden kann (allerdings sind in Tabelle 3.58, bei Betrieben, die eine Abgasreinigung betreiben, die Emissionswerte für das Reingas angegeben).
- Organisch-C-Emissionen durch unverbranntes Gas im Bereich von 0,1 g/kg Textil bis > 5 g/kg Textil – im Falle schlecht gewarteter Brenner – liegen.
- Formaldehydemissionen sowohl aus Textilhilfsmitteln bzw. ihrer Reaktionsprodukte als auch aus den Spannrahmen (siehe auch Kapitel 3.5.4.2.2.3) entstehen können.

Textilbe- triebe, Prozess	Spannrahmen- technologie, Abgasreinigung	Rezeptur	Substrat	Prozess- temperatur [°C]	Emissionsfak- tor [g Org.-C/kg Textil]	Konzentration [mg Org.-C/Nm³]	Massen- strom [g Org.-C/h]	Emissionen aus dem Spannrahmen [g Org.-C/kg Textil]	Bemerkungen
1.1	direkt beheizt	Thermofixieren von Rohware	PA 6	185	12	82	359	5,4	4,3 g/kg Caprolactam
1.2	direkt beheizt	Vernetzer, Entlüftungsmittel, Schiebefestmittel	PA 6	150	3,5	21	101	7,7	1,5 g/kg Formaldehyd
1.3	direkt beheizt	Antielektrostatikum, Weichmacher	PA 6.6	150	0,7	33	148	0,1	
2.1	indirekt beheizt	Pflegeleicht, Weichmacher, Essigsäure	CO/EL	170	0,9	52	506	-	0,02 g/kg Formaldehyd
3.1	direkt beheizt Wärmeaustauscher	Flammschutz	CO	145	0,3	19	155	0,2	0,01 g/kg Formaldehyd
3.2	direkt beheizt Wärmeaustauscher	Optischer Aufheller, Antielektrostatikum	PES	190	0,6	24	277	0,5	
3.3	direkt beheizt Wärmeaustauscher Elektrofilter	Thermofixieren von Rohware	PES/PAC	180	0,7	92	1260	0,1	
3.4	direkt beheizt Wärmeaustauscher Elektrofilter	Thermofixieren von vorgewaschener Ware	PES/PAC	180	0,9	77	1055	0,2	
4.1	indirekt beheizt	Weichmacher	PES/WO	130	0,6	187	529	-	0,05 g/kg Formaldehyd
4.2	indirekt beheizt	Schiebefestmittel	PES/WO	130	0,3	15	188	-	0,01 g/kg Formaldehyd
4.3	direkt beheizt	Thermofixieren	PES/WO/ EL	165	0,2	14	130	1,6	0,08 g/kg Formaldehyd
4.4	direkt beheizt	Thermofixieren (mit Carriern gefärbte Ware)	PES/WO/ EL	165	6,5	460	4269	1,4	0,08 g/kg Formaldehyd
5.1	direkt beheizt	Versteifen, Weichmacher	PES	170	0,4	9	123	0,2	0,03 g/kg Formaldehyd
5.2	direkt beheizt	Weichmacher	PES	170	0,5	10	149	0,2	0,04 g/kg Formaldehyd

Textilbe- triebe, Prozess	Spannrahmen- technologie, Abgasreinigung	Rezeptur	Substrat	Prozess- temperatur [°C]	Emissionsfak- tor [g Org.-C/kg Textil]	Konzentration [mg Org.-C/Nm³]	Massen- strom [g Org.-C/h]	Emissionen aus dem Spannrahmen [g Org.-C/kg Textil]	Bemerkungen
6.1	direkt beheizt Wärmeaustauscher	Beschichten (Polyvinyl- acetat)	CV/PP	110	0,6	68	689	1,4	0,06 g/kg Formaldehyd
6.2	indirekt beheizt Wärmeaustauscher	Beschichten (Polyvinyl- acetat), Weichmacher, Verdicker, Essigsäure	CV/CO	120	0,08	8	36	-	
7.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Beschichten/Acrylate, Vernetzer, Schaumbildner	CV	150	0,35	16	142	0,1	0,14 g/kg Formaldehyd
8.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Netzmittel, Fleckschutz	CV/CO/ PES/WO	165	0,5	22	255	0,4	
8.2	direkt beheizt wässriger Wäscher	Weichmacher, Schaum- bildner	PES/CV/ CO	150	0,3	17	200	0,3	
8.3	direkt beheizt wässriger Wäscher	PU-Beschichtung	PES/CO	130	0,2	10	121	0,1	
9.1	indirekt beheizt	Pflegeleicht, Weichma- cher, Netzmittel, Essig- säure	CO/EL	150	0,2	43	56	-	0,03 g/kg Formaldehyd
9.2	indirekt beheizt	Pflegeleicht, Weichma- cher, Netzmittel, Essig- säure, Versteifen, Hydro- phobieren	CO/CV/ EL	150	0,3	53	69	-	0,05 g/kg Formaldehyd
10.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Trocknen nach Färben	PA/EL	135	0,4	12	138	0,1	
10.2	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	PA 6.6/EL	190	1,5	38	427	0,1	
10.3	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren vorgewa- schener Ware	PA 6/EL	190	2,2	84	945	0,2	
10.4	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	PA/EL	190	2,6	71	1052	1,4	
11.1	direkt beheizt wässriger Wäscher, Elektrofilter	Thermofixieren	PES	150	1,2	24	507	0,5	

Textilbetriebe, Prozess	Spannrahmen-technologie, Abgasreinigung	Rezeptur	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Emissionsfaktor [g Org.-C/kg Textil]	Konzentration [mg Org.-C/Nm³]	Massenstrom [g Org.-C/h]	Emissionen aus dem Spannrahmen [g Org.-C/kg Textil]	Bemerkungen
11.2	direkt beheizt wässriger Wäscher, Elektrofilter	Thermofixieren vorgewaschener Ware	PES	150	0,8	19	394	0,4	
12.1	direkt beheizt	Wollschutz (Polyurethan, Polyacrylat), Netzmittel	PES/WO/EL	190	1,3	60	542	0,3	0,7 g/kg Perchlorethylen
12.2	direkt beheizt	Hydrophobieren, Netzmittel, Essigsäure	PES/WO/EL	190	0,9	41	370	0,4	0,8 g/kg Perchlorethylen
13.1	direkt beheizt Kondensation Elektrofilter	Thermofixieren	PES	205	3,2	36	820	1,2	
13.2	direkt beheizt Wärmeaustauscher	Thermofixieren	PES/PAC	180	2,2	59	1350	0,5	
13.3	direkt beheizt Kondensation Elektrofilter	Thermofixieren	PA 6	185	1,9	18	410	0,5	0,7 g/kg Caprolactam
14.1	direkt beheizt	Thermofixieren	CO/PES	200	1,1	95	697	0,1	
14.2	direkt beheizt	Hydrophobieren	PAC/PES	180	0,5	18	238	1,3	
14.3	direkt beheizt	Weichmacher	CO/PES	160	0,5	34	439	0,7	
14.4	direkt beheizt	Schiebefestmittel	PAC	160	0,7	19	245	1,8	
14.5	direkt beheizt	Pflegeleicht	CO/PS	170	1,5	50	764	0,6	0,06 g/kg Formaldehyd
15.1	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	PES	190	0,8	65	689	0,2	Rohgasdaten
15.2	direkt beheizt wässriger Wäscher	Thermofixieren	PES/CO	90	0,6	39	421	0..2	Rohgasdaten

Tabelle 3.58: Prozessspezifische Emissionsdaten (gemessene Werte)

3.5.4.2.2.3 Emissionen bei direkt beheizten Spannrahmen

Direkt gasbeheizte Spannrahmen erzeugen selbst Emissionen. Die Emissionen entstehen durch die mehr oder weniger vollständige Verbrennung der Gase (Methan, Propan, Butan). Neben Kohlenmonoxid und Stickoxiden treten signifikante Mengen an Organisch-C (Methan, Propan, Butan) und Formaldehyd auf (siehe Tabelle 3.59) [EnviroTex, 1998a]. Die Daten wurden in 28 Textilveredlungsbetrieben erhoben (in jedem Betrieb wurde ein oder mehrere Prozesse betrachtet (insgesamt: 100 Prozesse)).

Substanz/Parameter	Konzentration [mg/Nm ³]
Methan (als Organisch-C)	5-500
Propan/Butan (als Organisch-C)	5-600
Formaldehyd	0,1-60
Kohlenmonoxid	5-400
NO _x	2-10

Tabelle 3.59: Emissionen bei direkt beheizten Spannrahmen

Die spannrahmenbedingten Formaldehydemissionen können auch bei formaldehydfreien Rezepturen zur Überschreitung von Grenzwerten für Formaldehydrückstände auf dem Textil, die von Verbraucherschutz-Seite vorgeschrieben werden, führen.

3.5.5 Verschleppungen von Emissionen aus vorangegangenen Prozessen in Trocknungs- und Fixierprozesse

Textilhilfsmittel und Chemikalien (bzw. ihre Nebenprodukte und Verunreinigungen), die eine Affinität zur Faser aufweisen, können – insbesondere wenn Wasch/Spülprozesse nur unzureichend durchgeführt wurden - vorübergehend auf das Textil aufziehen und in nachfolgende Trocknungs- und Thermo-fixier-/Ausrüstungsprozesse verschleppt werden. Typische, aus dieser Sicht zu beachtende Substanzklassen sind:

- Carrier
- Egalisierungsmittel
- Nachbehandlungsmittel
- Netzmittel
- Kohlenwasserstoffe aus Druckpasten
- Essigsäure
- Perchlorethylen (wenn eine chemische Reinigung durchgeführt wurde)
- Avivagen

Daten über das Emissionspotenzial von Carrier gefärbten und chemisch gereinigten Waren sind untenstehend zusammengefasst.

3.5.5.1 Emissionspotenzial von Carrier-gefärbten Waren

Carrier werden hauptsächlich zum Färben von PES und PES-Mischungen eingesetzt. Da die Carrier während des Färbeprozesses teilweise auf die Ware aufziehen (in einigen Fällen bis zu 50% und mehr) können beim Trocknen und Fixieren Carrier gefärbter Waren signifikante, durch die Carrier verursachte, Emissionen auftreten. Die Menge des auf die Ware aufziehenden Carriers hängt im Wesentlichen von folgenden Parametern ab:

- Flottenverhältnis
- absolute Menge an appliziertem Carrier
- Färbeprozess (insbesondere Zeit/Temperatur-Charakteristika)

- Textilsubstrat
- Prozessbedingungen während des Spülens

Das Emissionspotenzial Carrier gefärbter Ware ist in Tabelle 3.60 zusammengefasst. Die Daten basieren auf Carrier-gefärbter aber nicht getrockneter Ware aus Textilveredlungsbetrieben; das Trocknen der Ware (150 °C) und die Bestimmung der Abluftemissionen erfolgten an einem Laborspannrahmen.

Carrier-aktive Komponenten	Emissionsfaktor [g Organisch-C/kg Textil]
Benzylbenzoat; Phthalsäureester	9
Biphenyl; Dime- thyl-phthalat	8
Alkylphthalimid	6

Tabelle 3.60: Charakteristische Daten von Abluftemissionen Carrier gefärbter Ware [EnviroTex, 2000a]

Tabelle 3.61 zeigt eine repräsentative Auswahl von Emissionswerten aus vier Textilbetrieben beim Trocknen/Fixieren von Carrier gefärbter Ware.

Textilbetrieb	Abgasreini- gungs- effizienz [%]	Carrier-Chemie	Emissionsfaktor [g Org.-C/kg Textil]	Konzentration [mg Org.-C/Nm³]	Massenstrom [kg Org.-C/h]
1 Ware A Ware B	15	aromatische Löse- mittel	24	2000-4500	28
	25	aromatische Löse- mittel	7,6	200-1000	8
2 Ware A Ware B	keine Abgas- reinigung	Phthalimid, Dimethylphthalat	0,77	66	0,4
	keine Abgas- reinigung	Biphenyl, Dimethy- lphthalat	1,2	84	1,1
3 Ware A Ware B	30-40	Benzoat, Phthalat	0,8-0,9	22-25	0,2
	10-25	Benzoat, Phthalat	2,0-2,2	50-60	0,6
4	keine Abgas- reinigung	Benzoessäureester, aromatische Verbin- dungen	6,5	400	4,3

Tabelle 3.61: Abluftemissionswerte beim Trocknen/Fixieren von Carrier gefärbter Ware [Enviro-Tex, 2000a]

Es ist deutlich zu erkennen, dass – insbesondere wenn Carrier auf Basis aromatischer Lösemittel eingesetzt werden – die aktiven Komponenten der Carrier-Formulierung zu beachtlichen Belastungen der Abluft beim Trocknen und Thermofixieren führen. Die Effizienz von Abgasreinigungsanlagen kann im Falle Carrier-belasteter Abgasströme unzureichend sein (Werte zwischen 10 und 40% wurden festgestellt (Vergleich von Organisch-C-Konzentrationen im Roh- und Reingas)).

3.5.5.2 Das Emissionspotenzial von chemisch-gereinigter Ware

Perchlorethylen ist das am häufigsten in der Chemischen Reinigung von Textilien eingesetzte Löse-
mittel. Das Rückhaltevermögen von Textilien für Perchlorethylen ist relativ hoch, so dass das Perchlo-
rethylen in nachfolgenden thermischen Prozessen eingeschleppt und in die Abluft gelangen kann.

Aufgrund eines potentiellen Risikos der PCDD/PCDF-Bildung beim Trocknen/Fixieren von mit
Perchlorethylen-gereinigter Ware gilt in Deutschland ein Verbandsverbot für die Behandlung von
Perchlorethylen-gereinigter Ware an direkt gasbeheizten Spannrahmen.

Die chemische Reinigung wird in Deutschland zu folgenden Zwecken durchgeführt

- Reinigung von Rohware (insbesondere von Elastanmischungen, da konventionelle Wäschen im
Falle von Silikonpräparationen, die im Wesentlichen für Elastan-Fasern eingesetzt werden, oft un-
zureichend sind)
- Nachbehandlung von Wolle/Elastan- oder Wolle/PES-Waren zur Verbesserung der Farbechtheit
insbesondere bei dunklen Farben
- Qualitätskorrekturen (Entfernung von Flecken)

Neben der innerbetrieblichen Chemischen Reinigung wird in Deutschland zusätzlich eine große Men-
ge an importierter Rohware veredelt, die perchlorvorbehandelt sein kann, ohne dass darüber beim Ver-
edler Informationen vorliegen. Normalerweise wird die chemische Reinigung vom Veredler selbst
durchgeführt; zum Teil (z.B. für Qualitätskorrekturen kleiner Partien) werden externe chemische Rei-
nungsbetriebe beauftragt.

In Tabelle 3.62 ist das Emissionsverhalten von unterschiedlichen Textilien, die in 5 verschiedenen
Textilveredlungsbetrieben mit Perchlorethylen gereinigt wurden, aufgeführt. Die Emissionsmessungen
wurden an einem Laborspannrahmen bei einer Prozesstemperatur von 150 °C ausgeführt [EnviroTex,
1998b]. Die Abluftemissionswerte für Perchlorethylen-gereinigte Ware beim Trocknen/Fixieren liegen
im Bereich von

0,1 – 0,8 g Perchlorethylen/kg Textil
0,3 – 1,7 g Perchlorethylen/kg Textil

chemische Reinigung im Textilveredlungsbetrieb
externe chemische Reinigung.

Textilbetrieb	Emissionsfaktor [g Org.- C/kg Textil]	Konzentration [mg Org.-C/Nm³]	Massenstrom [g Org.-C/h]	Emissionsfaktor [g PER/kg Textil]
1.1*	0,11	28,1	3,77	0,27
1.2*	0,23	32,6	4,28	1,17
2.1*	0,19	16,1	1,88	0,95
2.2*	0,26	21,7	2,71	0,66
2.3*	0,14	11,7	1,68	0,63
2.4*	0,13	6,1	0,82	0,47
2.5*	0,85	70,8	9,27	1,65
2.6**	0,29	21,1	2,59	0,67
2.7**	0,11	8,0	0,99	0,51
3.1**	0,27	19,3	2,37	0,09
3.2**	0,18	12,9	1,58	0,19
3.3**	0,30	20,1	2,47	0,13
4.1**	1,23	94,9	11,95	0,79
4.2**	0,86	65,9	8,11	0,65
4.3**	0,80	53,1	6,53	0,54
5.1**	0,09	6,6	0,80	0,46
5.2**	0,12	4,0	0,50	0,67
5.3**	0,15	6,4	0,81	0,82

* externe chemische Reinigung

** chemische Reinigung im Textilveredlungsbetrieb

Tabelle 3.62: Emissionswerte für Perchlorethylen-gereinigte Ware

3.5.6 Sengen

Während des Sengens wird die Ware meist direkt über eine Gasflamme geführt. Hervorstehende Fasern werden abgebrannt. Die schematische Darstellung einer Senge zeigt Abbildung 3.20.

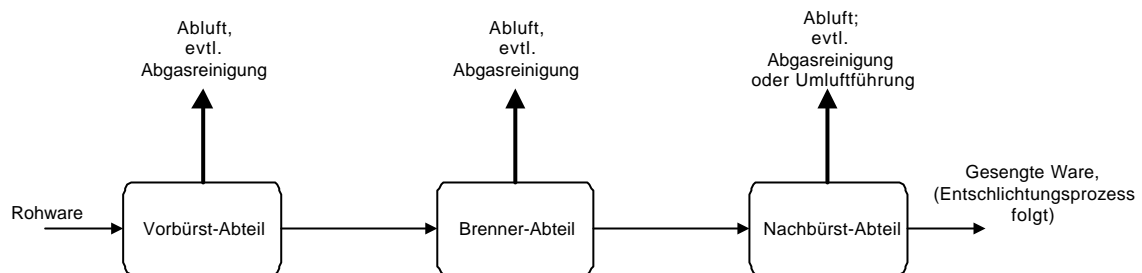


Abbildung 3.20: Vereinfachtes Prinzip einer Senge

Qualität und Quantität der Abluftemissionen beim Sengen hängen stark von den folgenden Parametern ab:

- Art des zu behandelnden Substrates
- Position des Brenners (Winkel und Abstand zum Textil; einseitiges oder doppelseitiges Sengen)
- Art der installierten Abluftreinigungsanlage

Die wesentlichen Emissionen sind

- Staub von den abgebrannten Fasern
- Organisch-C von flüchtigen Substanzen auf dem Substrat und/oder Crackprodukten sowie Methan aus der unvollständigen Verbrennung des Brennergases
- Formaldehyd aus dem Brennergas

Emissionsdaten sind in Tabelle 3.63 zusammengefasst. Fünf Textilveredlungsbetriebe wurden betrachtet [EnviroTex, 2001; Bautzen, 2001].

Wird ein Wäscher zur Abgasreinigung im Nachbürstabteil verwendet, können Staubemissionen $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ erreicht werden. Allerdings werden auch Konzentrationen bis zu 6 mg/Nm^3 beobachtet.

Organisch-C-Konzentrationen, die durch den Sengprozess hervorgerufen werden (Emissionen aus dem Brenner sind dabei nicht berücksichtigt) überspannen einen Bereich von 1 bis 26 mg C/Nm^3 . Formaldehydemissionen liegen im Bereich von 1 bis $3 \text{ mg Substanz/Nm}^3$ (Brennerabteil).

Es ist zu beachten, dass das Sengen ein sehr geruchsintensiver Prozess sein kann. Ein Geruchswert von $6000 \text{ GE/kg Textil}$ wurde bei einer Anlage zum Sengen von Baumwolle ohne Abluftreinigung gemessen [EnviroTex, 1998c].

Textilbetrieb	Messstelle	Installierte Abluft- reinigung	Substrat	Konzentration Organisch-C [mg C/Nm³]	Konzentration Organisch-C (ohne Methan) [mg C/Nm³]	Konzentration Formaldehyd [mg HCHO/Nm³]	Staub [mg/Nm³]	Volumen- strom [Nm³/h]	Abgas- tempe- ratur [°C]	Prozess- geschwin- digkeit [m/min]
A	Vorbürsten + Bren- nerabteil	Vorbürsten + Brenner: wässriger Wäscher; Nachbürsten: Umluft; Gewebefilter	CO	99	22	nicht gemessen	1,8-3,7	5900	28	60-100
B	Vorbürsten + Bren- nerabteil	Vorbürsten + Brenner: wässriger Wäscher Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/CO	82	< 1	nicht gemessen	0,3-0,4	3800	34	120
B	Nachbürstabteil	Vorbürsten + Brenner: wässriger Wäscher Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/CO	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen	0,1	5670	24	120
C	Vorbürsten + Bren- nerabteil	Vorbürsten + Brenner: wässriger Wäscher; Nachbürsten: Umluft; Gewebefilter	CO	74	nicht gemessen	nicht gemessen	6,2	8200	32	100-120
D (Prozess 1)	Brennerabteil	Nachbürsten: wässriger Wäscher	CO	nicht gemessen	nicht gemessen	0,9	< 0,1	4410	83	2160 kgTextil/h
D (Prozess 2)	Brennerabteil	Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/CO	nicht gemessen	nicht gemessen	1,9	< 0,1	4410	83	1620 kgTextil/h
D (Prozess 2)	Nachbürstabteil	Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/CO	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen	< 0,1	4410	27	1620 kgTextil/h
E	Brennerabteil	Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/EL	42,4	26,3	3,2	nicht gemessen	3190	118	60 1746 kg Textil/h
E	Nachbürstabteil	Nachbürsten: wässriger Wäscher	PES/EL	nicht gemessen	nicht gemessen	nicht gemessen	6,6	2760	27	60 1746 kg Textil/h

Tabelle 3.63: Abluftemissionsdaten von Sengen aus fünf verschiedenen Textilveredlungsbetrieben

3.5.7 Textildruck

Typische Zusammensetzungen von Druckpasten und Verbräuche an Textilhilfsmitteln beim Textildruck sind in Kapitel 3.3.2.3 aufgeführt.

Druckpasten beinhalten Substanzen mit einem hohen Emissionspotenzial. Insbesondere die folgenden Substanzen können beim Trocknen/Fixieren von bedruckter Ware nachgewiesen werden [EnviroTex, 2000b]:

- Ammoniak (über Zersetzungsreaktion aus Harnstoff)
- Methanol (aus Fixiermitteln)
- Formaldehyd (aus Fixiermitteln)
- aliphatische Kohlenwasserstoffe (C_{10} - C_{20}) (aus Bindern)
- Alkohole, Glykole (aus Emulgatoren)
- N-Methylpyrrolidon (aus Emulgatoren)
- Monomere wie Acrylate, Acrylnitril, Acrylamid, 1,3-Butadien, Vinylcyclohexen, Phenylcyclohexen (aus Verdickern und Bindern).

Emissionen flüchtiger Komponenten aus Druckpasten treten während dem Trocknen an den Druckmansarden und beim Fixieren der Drucke auf. Zusätzlich kann eine Verschleppung dieser Substanzen in nachfolgende Ausrüstprozesse stattfinden. Der Pigmentdruck auf Basis benzinhaltiger Druckpasten, der aufgrund der emittierten Kohlenwasserstoffe eine große Organisch-C-Belastung mit sich bringt, wird in Deutschland nicht mehr ausgeführt.

Da Emissionsmessungen an Textildruckanlagen in Deutschland nicht behördlich vorgeschrieben sind, kann nur auf wenige Daten zurückgegriffen werden.

In einer Studie für das österreichische Bundesministerium für Umwelt konnte gezeigt werden, dass die Emissionen beim Trocknen und Fixieren bedruckter Ware die Emissionen aus der Ausrüstung überschreiten [EnviroTex, 1997]:

- | | |
|--|-------------------------|
| - Emissionen aus dem Pigmentdruck in Österreich: | ca. 90 t Organika/Jahr |
| - Emissionen aus den Ausrüstprozessen in Österreich: | ca. 55 t Organika/Jahr. |

Bei Emissionsmessungen in Deutschland wurden beachtliche Grenzwertüberschreitungen in den Fällen beobachtet, wo bedruckte Waren ausgerüstet und thermisch behandelt wurden [UMEG, 1997].

In Tabelle 3.64 sind Emissionsdaten aufgelistet. Für den Textilbetrieb A wurden die Emissionsmessungen vorort durchgeführt. Beim Beispiel für den Betrieb B wurde das Drucken, Trocknen und Fixieren des Druckes in einem Veredlungsbetrieb durchgeführt. Verschleppungen von emissionsrelevanten Produkten in die nachfolgende Ausrüstung wurden an einem Laborspannrahmen simuliert. Es ist deutlich zu erkennen, dass eine thermische Behandlung von bedruckter Ware zu einer erheblichen Abluftbelastung führen kann. Verschleppungen flüchtiger Substanzen in nachfolgende Prozesse (oftmals erfolgt eine Ausrüstung nach dem Drucken) müssen daher berücksichtigt werden.

Betrieb	Druckprozess	Prozessschritt	Substrat	Prozesstemperatur [°C]; Verweilzeit [min]	Emissionsfaktor [g C/kg Textil]
A	Küpenätzdruck auf direktgefärbter Ware	Trocknen	CV		0,3
		Dämpfen	CV	102; 13	1,0
	Küpen-2-Phasen- Druck	Trocknen			0,6
		Fixieren		135; 1	1,3
	Dispersionsdruck	Trocknen	PES		1,3
		Fixieren	PES	175; 5	0,01
	Pigmentdruck	Trocknen	CO	150	0,2
		Kondensieren	CO	160; 5	0,1
B	Pigmentdruck, Simulation Labor- spannrahmen	Ausrüsten	CO	175; 1,5	0,6

Tabelle 3.64: Emissionsdaten von Druckprozessen [EnviroTex, 1998; EnviroTex,2001]

3.5.8 Beschichten

In Kapitel 3.5.8.1 werden Beschichtungsmittel und Textilhilfsmittel für das Beschichten im Hinblick auf ihr Emissionspotenzial beschrieben. In Kapitel 3.5.8.2 sind Beispiele für Emissionsdaten aus Beschichtungsprozessen zusammengefasst.

Die Rückenbeschichtung in der Teppichindustrie wird in einem speziellen BREF beschrieben [TFI, 2001]. Dieses Dokument beschränkt sich daher auf eine Übersicht zu Emissionsdaten bei der Teppich-Rückenbeschichtung (Kapitel 3.5.8.2).

3.5.8.1 Beschichtungsmittel und Textilhilfsmittel

Beschichtungsmittel lassen sich wie folgt charakterisieren

- Beschichtungspulver auf der Basis von Polyolefinen (Polyethylen), Polyamid 6, Polyamid 6.6, Copolyamiden, Polyester, Polyurethan, Polyvinylchlorid, Polytetrafluorethen
- Beschichtungspasten auf der oben erwähnten chemischen Basis mit Additiven wie Dispergiermittel (Tenside (oft Alkylphenolethoxylate)), Lösungsvermittler (Glykole, N-Methylpyrrolidon, Kohlenwasserstoffe), Verschäumungsmittel (Mineralöle, Fettsäuren, Fettsäureammonium Salze), Weichmacher (Phthalate, Sulfonamide), Verdicker (Polyacrylate), Ammoniak
- Polymerdispersionen (ca. 50% in Wasser) auf Basis von
 - Poly-(meth)acrylat (butyl, ethyl, methyl etc.)
 - Polyacrylsäure
 - Polyacrylnitril
 - Polyacrylamid
 - Poly-1,3-butadien
 - Polystyrol
 - Polyurethan
 - Polyvinylchlorid
 - Polyvinylacetat
 - Copolymeren der oben erwähnten Substanzen
- Additiven wie in Beschichtungspasten

- Formulierungen von Melaminharzen in Wasser (50 - 70%)
- lösemittelhaltige Polymerformulierungen auf Basis von Polyurethanen und Silikonen.

Beschichtungspulver

Das Emissionspotenzial von Beschichtungspulvern ist in den meisten Fällen vernachlässigbar (mit Ausnahme von Polyamid 6 und Copolymeren von Polyamid 6 (epsilon-Caprolactam wird bei üblichen Prozesstemperaturen emittiert). In einigen Fällen emittieren Weichmacher (meist Phthalate).

Beschichtungspasten

Die Emissionen von Beschichtungspasten resultieren dominant (bis auf PA 6; siehe oben) aus den Additiven. In der Hauptsache sind dies

- Fettalkohole, Fettsäuren, Fettamine aus Tensiden
- Glycole, Oligoole aus Emulgatoren
- Alkylphenole aus Dispergatoren
- Glycole, aliphatische Kohlenwasserstoffe, N-Methylpyrrolidon aus Lösungsvermittlern
- aliphatische Kohlenwasserstoffe, Fettsäuren/salze, Ammoniak aus Verschäumern
- Phthalate, Sulfonamide/ester aus Weichmachern
- Acrylsäure, Acrylate, Ammoniak, aliphatische Kohlenwasserstoffe aus Verdickern

Polymerdispersionen

Das Emissionspotenzial von Polymerdispersionen ist deutlich niedriger als das der Pasten. Insbesondere die Dispergatoren sind emissionsrelevant. Zusätzlich müssen Restbestandteile der Polymerisationskatalysatoren (t-Butanol bei radikalisch initiierten Polymerisationsreaktionen) berücksichtigt werden.

Emissionen aus den bei der Herstellung nicht vollständig umgesetzten Monomere müssen ebenfalls berücksichtigt werden, auch im Hinblick auf Arbeitsplatzkonzentrationswerte und Geruchsbelästigungen:

- Acrylsäure, Butylacrylat, Ethylacrylat, Methylacrylat, Ethylhexylacrylat und Vinylacetat
- krebserzeugende Monomere wie Acrylnitril, Vinylchlorid, Acrylamid, 1,3-Butadien und Vinylcyclohexen.

Vinylcyclohexen wird oftmals nicht erkannt. Es ist jedoch immer anwesend, wenn 1,3-Butadien eingesetzt wird und kann sich aus diesem durch 2 + 2-Cycloaddition bilden.

Acrylamidemissionen treten meist gemeinsam mit Formaldehydemissionen auf. Quelle ist das Methylolacrylamid, das sich im Gleichgewicht mit freiem Acrylamid und Formaldehyd befindet.

Melaminharze

Melaminharze sind weit verbreitet. Sie werden aus Melamin und Formaldehyd sowie nachfolgender Veretherung (in der Regel mit Methanol) in wässrigem Medium hergestellt. Die Produkte können signifikante Mengen an freiem Formaldehyd und Methanol enthalten. Während der Applikation wird die Vernetzungsreaktion des Harzes mit sich selbst oder mit dem Textil (z. B. Baumwolle) durch saure Katalysatoren und/oder Temperatur initiiert. Hierbei werden stöchiometrische Mengen Methanol und Formaldehyd freigesetzt.

Polymere in Lösemittel

Diese Produkte sind in der Textilveredlung wenig verbreitet. Bei Textilveredlungsbetrieben, die die Lösemittelbeschichtung anwenden ist in der Regel eine Abgasreinigungsanlage auf Basis thermischer Verbrennung oder Adsorption an Aktivkohle installiert.

3.5.8.2 Abluftemissionen

Prozessspezifische Emissionsdaten für Beschichtungsprozesse (einschließlich einem Laminierungsprozess) von vier Textilveredlungsbetrieben sind in Tabelle 3.65 dargestellt. Die Beschichtungsvorgänge sind in der Regel sehr spezielle Prozesse, so dass Art und Menge der emittierenden Substanzen in einem weiten Bereich schwanken können. Daher können die Beispiele in Tabelle 3.65 nur einen ersten Einblick in das Thema geben.

Emissionsdaten zur Teppichrückenbeschichtung sind in Tabelle 3.66 zusammengefasst. Es wurden drei Betriebe berücksichtigt.

Textilbetrieb, Prozess	Spannrahmen-technik Abgas-reinigungsanlage	Rezeptur	Substrat	Prozess-temperatur [°C]	Emissions-faktor [g Org.C/kg Textil]	Konzentra-tion [mg Org.-C/Nm³]	Massstrom [g Org.-C/h]	Spannrahmen-Emissionen [g Org.-C/kg Textil]	Bemerkungen
1	direkt beheizt, wässriger Wäscher	Beschichtungsmittel (Acrylatdispersion), Fixiermittel (Melamin), Schaumbildner, Verdicker (Acrylatbasis)	CV (Vlies)	150	0,4	20	173	0,1	Formaldehyd 0,14 g/kg
2	indirekt beheizt	Laminieren PVC-Kleber (PVC-Pulver, Weichmacher, Stabilisatoren, Haftvermittler, Emulgatoren)	PVC-Folie auf Strickware	105	-	34	60	23 g C/h	Phthalate 6 mg/Nm³; Vinylacetat 12 mg/Nm³
3	direkt beheizt	Flammkaschierung	PU-Schaum auf PA-Substrat	-	-	68	200	740 g C/h	HCN 5 mg/Nm³ TDI 0,5 mg/Nm³
4	direkt beheizt	Acrylatdispersion mit Additiven (Verdicker, Ammoniak, Katalysator)	CO	150	0,4	-	138	1,9	Ammoniak 0,02 g/kg

Tabelle 3.65: Emissionsdaten bei Beschichtungsprozessen

Textilbetrieb	Spannrahmen	Rezept	Substrat	Prozesstemperatur [°C]	Emissionsfaktor WFc [g C/kg Textil] ¹	Massenstrom [kg C/h]	WFs [g/kg Textil]	Massenstrom [g/h]
1 ²	Indirekt beheizter Hauptrahmen, direkt beheizter Vorrahmen	Latex-beschichtung	WO/PP	130	0,55	0,6	FO: 0,005 BU: 0,001 VCH: 0,001 ST: 0,005 ET: 0,0002	FO: 4,8 BU: 1,3 VCH: 1,1 ST: 5,7 ET: 0,2
	Indirekt beheizter Hauptrahmen, direkt beheizter Vorrahmen	Latex-beschichtung	WO/PP	130	0,3	0,3		
2	-	Polypropylen-beschichtung	PP		0,09	0,06	BU: <0,01	BU : <1
	-	Polypropylen-beschichtung	PA 6.6/PES		0,03	0,05	VA : <0,01	VA : < 1
3 ²	Direkt beheizter Haupt- und Vorrahmen	Latex-beschichtung	PA 6 (PA 6.6)/PP	120	0,74	1,3	FO: 0,06 NH ₃ : 0,05 - 0,23	FO: 32 NH ₃ : 31 - 132
	Direkt beheizter Haupt- und Vorrahmen	Latex-beschichtung	PA 6	130	0,86	0,46	FO: 0,06 CL: 0,001 NH ₃ : 0,07 – 0,49	FO: 32 CL: 0,99 NH ₃ : 36 - 247

1) Emissionen aufgrund unvollständiger Verbrennung des Heizgases nicht berücksichtigt

2) Gesamtemission von Vor- und Hauptrahmen

2) FO = Formaldehyd; BU = 1,3-Butadien; VCH = 4-Vinyl-1-Cyclohexen; ST = Styrol; EA = Ethylacrylat;

VA = Vinylacetat; CL = Caprolactam

Tabelle 3.66: Emissionsdaten für die Teppich-Rückenbeschichtung

3.5.9 Energieerzeugung (Kesselhäuser)

Emissionen aus Kesselhäusern sind nicht Gegenstand des Textil-BREF. Zur Einschätzung der textilspezifischen Emissionen ist es aber von Vorteil, Emissionsdaten bzgl. der Energieerzeugung in der Textilindustrie zu kennen. Emissionsdaten aus acht Textilbetrieben, jede mit einem oder mehreren Kesselhäusern sind in Tabelle 3.67 dargestellt [EnviroTex, 2001].

In der deutschen Textilveredlungsindustrie wird als Primärenergiequelle für Kesselhäuser hauptsächlich Erdgas (Methan) eingesetzt. Weitverbreitet sind Brenner, die überwiegend mit Erdgas betrieben werden, in der Winterzeit jedoch, wenn der Gesamtbedarf an Erdgas bei den Energieversorgungsunternehmen Spitzenwerte annimmt, auf Heizöl umgestellt werden können.

Neben Erdgas und Heizöl werden noch die folgenden Primärenergiequellen genutzt:

- Steinkohle
- Braunkohle
- Schweröl
- Recyclingöl.

Kesselhaus	Brennstoff	Max. Leistung [MW]	Leistung während der Messung [MW]	Brennstoffver- brauch Erdgas [m³/h] Heizöl [kg/h]	Abgastempera- tur [°K]	Abgasvolumen- strom [Nm³/h]	CO [mg/Nm³]	NOx [mg/Nm³]	Staub [mg/Nm³]	SO ₂ [mg/Nm³]
1 A	Erdgas	3,8	1,9	187	502	2547	25	100	-	-
1 B	Heizöl	3,8	1,9	155	441	2177	36	187	-	-
2 A	Erdgas	7,1	3,4	324	495	5519	43	127	-	-
2 B	Heizöl	6,2	3,2	273	483	4512	30	173	-	-
3 A	Erdgas	2,4	1,6	156	473	2263	30	135	-	-
3 B	Heizöl	5,4	3,5	296	500	3902	37	127	-	-
4 A	Erdgas	16,4	10,8	1045	405	16739	49	69	-	-
4 B	Heizöl	17,5	13,2	1109	415	16827	44	129	-	-
5	Erdgas	5,8	4,8	459	409	5611	31	79	-	-
6	Erdgas	5,5	1,9	96	415	2453	28	67	-	-
7	Steinkohle (Abgasreinigung: Elektrofilter)	21,3	21,3	2500 kg/h	441	22500	30	328	8,8	399
8	Schweröl (Abgasreinigung: selektive nicht ka- talytische Redukti- on)	6,3	6,3	450	402	7860	28	428	84	-

Tabelle 3.67: Typische Emissionswerte für Kesselhäuser Konzentrationsdaten basierend auf einem standardisierten O₂-Gehalt von 3 Vol.-%. Die Brennstoffverbräuche und Konzentrationen beziehen sich auf die Kapazität während der Messung.

3.5.10 Geruchsbelästigungen in der Textilindustrie

Veredlungsprozesse werden oftmals von Geruchsemissionen begleitet. Geruchsintensive Substanzen und typische Quellen für Geruchsstoffe sind in Tabelle 3.68 zusammengestellt.

In Tabelle 3.69 sind Geruchskonzentrationen aus 16 Veredlungsbetrieben, bei denen nachbarschaftliche Beschwerden vorlagen, dargestellt [EnviroTex, 2001]:

Substanzen	Mögliche Quellen
Epsilon-Caprolactam	Thermofixieren von Polyamid 6 und Polyamid 6-Mischungen; Pasten- und Pulverbeschichtungen mit PA 6 and PA 6-Copolymeren
Paraffine, Fettalkohole, Fettsäuren, Fettsäureester (weniger geruchsintensive Substanzen, aber in hohen Konzentrationen)	Thermofixieren von Rohware und unzureichend gewaschener Textilien
Kohlenwasserstoffe	Textildruck, Entschäumer, Maschinenreiniger
Aromatische Verbindungen	Carrier
Essigsäure, Ameisensäure	Verschiedene Prozesse
Schwefelwasserstoff, Mercaptane	Schwefelfärbung
Schwefelderivate	Reduktionsmittel
Ammoniak	Druck (aus Harnstoff), Beschichten, Vliesherstellung
Acrylate	Druck (aus Verdicker), Beschichten, Vliesherstellung
Formaldehyd	Pflegeleichtausrüstung, Ausrüsten von Vliesstoffen, permanente Flammfestausrüstung, Brenneremissionen in direkt beheizten Spannrahmen
Terpene (d-Limonen)	Lösemittel, Maschinenreiniger
Styrol	Styrolpolymere und Copolymere
Vinylcyclohexen	Butadienpolymere und Copolymere
Aldehyde	Sengen
Acrolein	Zersetzung von Glycerin
Phosphorsäureester (Tributylphosphat)	Netzmittel, Entlüftungsmittel
Phthalate	Egalisier- und Dispergiermittel
Amine (niedermolekulare)	Verschiedene Prozesse
Alkohole (Octanol, Butanol)	Netzmittel, Entschäumer

Tabelle 3.68: Geruchsintensive Substanzen in der Textilveredlung

Substrat/Prozess	Geruchskonzentration [GE/m ³]	Mittlere Geruchskonzentration [GE/m ³]
PA 6 Thermofixieren von Rohware	2000-4500	2500
PA 6 Ausrüsten von thermofixierter und gewaschener Ware	500-2000	1100
PES Thermofixieren von Rohware	1500-2500	2000
PES Ausrüsten von thermofixierter und gewaschener Ware	500-1500	800
CO Ausrüsten	300-1000	500
Fasermischungen Thermofixieren	1000-2500	1500
Fasermischungen Ausrüsten von thermofixierter und gewaschener Ware	500-2000	1200
Schwefelfärbung		bis zu 10000
Sengen		bis zu 60500
Vliesherstellung (Monomere aus Bindemitteln)		bis zu 10000
Druck (Mansarden) Pigment (CO) Küpen-2-Phasen (CV) Dispersions (PES) Küpenätzdruck (CO)	Daten eines Textilbetriebes [EnviroTex, 1998c]	300 600 50 300
Druck (Dämpfer) Pigment (CO) Dispersion (PES) Küpen-2-Phasen (CO)	Daten eines Textilbetriebes [EnviroTex, 1998c]	700 600 6003

Tabelle 3.69: Typische Beispiele für Geruchs-konzentrationen in der Textilveredlung. (GE: Geruchseinheit)

Geruchsmassenströme können unter Annahme eines mittleren Volumenstroms im Spannrahmen von 10.000 m³/h aufgrund der Datenbasis in Tabelle 3.69 abgeschätzt werden.

3.5.11 Charakteristische betriebliche Abluftemissionen

Wie schon oben erwähnt, entstehen die Organisch-C-Lasten in der Textilveredlung aus den eingesetzten textilen Rohmaterialien, den Textilhilfsmitteln und Chemikalien, aber auch aus den Emissionen aus den Maschinen im Falle direkt beheizter Spannrahmen. Prozessspezifische Emissionsdaten wurden aufgezeigt. Emissionsdaten, die mit Ausnahme der Emissionen bei der Energieerzeugung die Gesamtemission eines Textilveredlungsbetriebs wiedergeben, werden in den folgenden Beispielen vorgestellt [EnviroTex 2001].

Die Emissionsdaten der textilen Rohware wurden auf Basis der Angaben der Garn- oder Flächengebildehersteller (wenn vorhanden) berechnet oder abgeschätzt. Emissionen der Textilhilfsmittel-

tel/Chemikalien wurden anhand von Verbrauchsdaten und Emissionsfaktoren berechnet. Methanemissionen der Spannrahmen wurden, wenn Daten aus Emissionsmessungen zur Verfügung standen, berechnet, ansonsten erfolgte eine Abschätzung.

3.5.11.1 Beispiel 1

Der TVI-Betrieb 1 kann folgendermaßen charakterisiert werden:

- Es werden hauptsächlich synthetische Fasern verarbeitet (dominant PA 6)
- Rohfixieren findet in großem Umfang statt.

Die Abluftsituation ist in Abbildung 3.21 dargestellt.

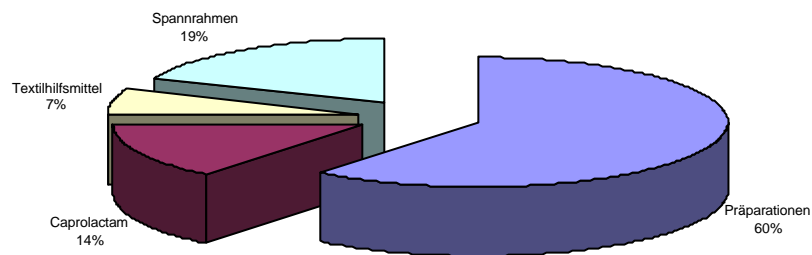


Abbildung 3.21: Textilveredlungsbetrieb 1. Organisch-C-Last in der Abluft

Es ist offensichtlich, dass die wesentliche Organisch-C-Last aus den der Textilveredlung vorgelagerten Prozessen resultiert (Präparationsmittel aus Garn- und Flächenherstellung und epsilon-Caprolactam aus PA 6-Fasern). Textilhilfsmittel tragen nur zu 7% zur Organisch-C-Last des Betriebes bei.

3.5.11.2 Beispiel 2

Der TVI-Betrieb 2 veredelt im Wesentlichen PES und PES-Mischungen (Abbildung 3.22). In der Vorbehandlung wird die Ware zu einem großen Teil rohfixiert.

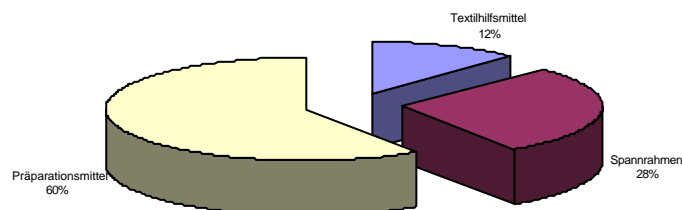


Abbildung 3.22: Textilveredlungsbetrieb 2: Organisch-C-Last in der Abluft

Beim TVI-Betrieb 2 wird die hauptsächliche Organisch-C-Belastung der Abluft durch das Rohfixieren verursacht.

3.5.11.3 Beispiel 3

Der TVI-Betrieb 3 veredelt hauptsächlich Synthetikware. Die Rohware wird vor der thermischen Behandlung gewaschen. Der Betrieb führt Beschichtungsprozesse aus. In der Färberei werden Carrier eingesetzt.

Die Zusammensetzung der Organisch-C-Last in der Abluft zeigt Abbildung 3.23.

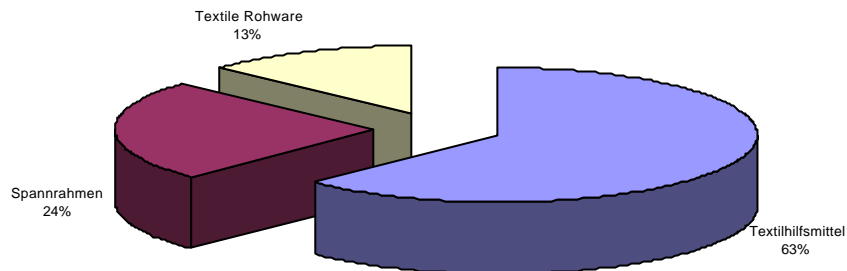


Abbildung 3.23: Zusammensetzung von Organisch-C-Lasten in der Abluft

Da keine Rohfixierung erfolgt, ist der Anteil an Organisch-C-Last, die von der textilen Rohware eingeschleppt wird, im Vergleich zu den oben aufgeführten Beispielen deutlich geringer. Die Textilhilfsmittel dominieren in diesem Fall. Ca. 40% der Organisch-C-Fracht, die aus den Hilfsmitteln emittiert wird, stammen aus Färbereihilfsmitteln (insbesondere Carrier).

3.5.11.4 Beispiel 4

Der TVI-Betrieb 4 veredelt Vliese, Web- und Strickwaren (hauptsächlich PES, PES/PA und CV-Mischungen). Eine Rohwarefixierung wird nicht durchgeführt.

Die Organisch-C-Last wird dominiert von den Emissionen der Beschichtungsmittel und den Spannrahmenemissionen.

Die Zusammensetzung der Organisch-C-Last im Abgas ist in Abbildung 3.24 dargestellt.

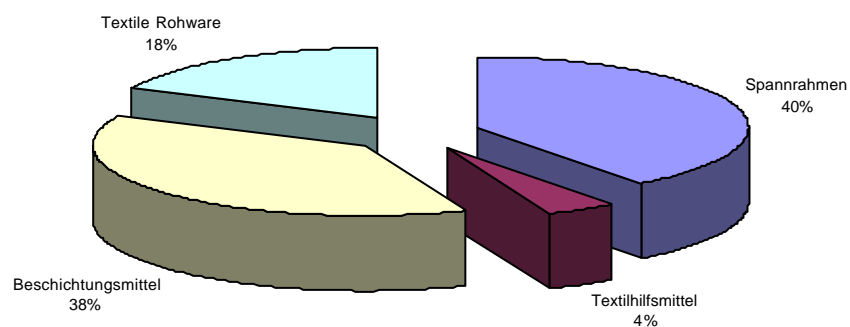


Abbildung 3.24: Zusammensetzung von Organisch-C-Lasten in der Abluft

3.5.11.5 Abluftemissionen entlang einer typischen Prozesssequenz in der Textilveredlung

Abluftemissionen einer typischen Prozesssequenz beim Veredeln (Vorbehandlung, Druck und Ausrüsten) von Baumwollware sind in Tabelle 3.70 zusammengefasst. Es sind Daten einer Emissionsmessung bei einem Veredler mit einer großen Druckabteilung dargestellt [EnviroTex, 1998]. In allen Prozessen werden gefasste Emissionen berücksichtigt. Vorbehandlungsschritte – mit Ausnahme des Sengprozesses – sind von relativ geringer Relevanz im Hinblick auf die Organisch-C-Last. Geruchsbelästigungen beim Sengen, alkalisch Abkochen und Trocknen des Drucks müssen jedoch beachtet werden. Staub entsteht nur beim Sengen. Ammoniakemissionen resultieren aus der Zersetzung des Harnstoffs, der in den Druckpasten enthalten ist.

Prozess	Organisch-C [g/kg Textil]	Staub [g/kg Textil]	Geruch [GE/kg Textil]	Formaldehyd [g/kg Textil]	Ammoniak [g/kg Textil]
Sengen	0,2	0,3	6000	< 0,01	-
Alkalisch abkochen	0,1	-	2300	-	-
Peroxidbleiche	< 0,1	-	900	-	-
Trocknen (Spannrahmen)	< 0,1	-	300	-	-
Pigmentdruck (Trocknen)	0,2	-	3500	0,02	0,7
Pigmentdruck (Kondensation)	0,1	-	2000	0,03	0,4
Ausrüsten (Weichmacher, Pflegeleicht) Trocknen	0,3	-	1400	0,04	-
Ausrüsten Kondensation	0,4	-	1000	0,09	-

Tabelle 3.70: Emissionen entlang einer typischen Prozesssequenz

3.6 Abfall

In der Textilveredlungsindustrie fallen unterschiedlichste feste und flüssige Abfälle an, die entsorgt werden müssen. Abfälle, die nicht wiederverwendet oder wiederverwertet werden können, werden verbrannt oder auf Deponien abgelagert. In einigen wenigen Fällen werden bestimmte Abfälle anaerob in Faultürmen behandelt. Viele Abfallarten sind nicht spezifisch für die Textilveredlungsindustrie. Daher wird im Folgenden zwischen Abfällen, die typisch sind für die Textilindustrie und nicht spezifischen Abfällen unterschieden (Tabelle 3.71).

<u>Nicht spezifische Abfallarten</u>	<u>Textilspezifische Abfallarten</u>
<u>Nicht überwachungsbedürftiger Abfall</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Glasabfälle ▪ Papier, Kartons (einschließlich Hülsen) ▪ Holz ▪ Schrott (Rohre, Maschinen etc.) ▪ Elektrokabel ▪ Kunststofffässer (tropffrei) ▪ Metallfässer (tropffrei) ▪ Nicht verunreinigte Kunststoffverpackungen ▪ Bauschutt 	<u>Nicht überwachungsbedürftiger Abfall</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Garnabfälle ▪ Stückware (Gewebe, Gewirke, Gestricke) (Ausschussware, Versuchsprodukte, Kantenschnitt) ▪ Rauh- und Scherstaub
<u>Überwachungsbedürftiger Abfall</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ölabbfälle ▪ Ölverschmutzte Putztücher ▪ Nicht-halogenierte Lösemittelabfälle ▪ Verunreinigtes Verpackungsmaterial ▪ Farbstoffe und Pigmente ▪ Elektronikschrott 	<u>Überwachungsbedürftiger Abfall</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rest-Farbklotzflotten ▪ Restdruckpasten ▪ Rest-Ausrüstungsklotzflotten ▪ Ölenthaltende Kondensate aus der Abluftbehandlung (z.B. Spannrahmen-Abluft) ▪ Schlamm aus der Abwasserbehandlung
<u>Besonders überwachungsbedürftiger Abfall</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abfälle aus Öl/Wasser-Abscheidern ▪ Halogenierte Lösemittelabfälle ▪ PCB-enthaltende Kondensatorenöle 	

Tabelle 3.71: Feste und flüssige Abfälle aus der Textilveredlungsindustrie (TVI); nicht jeder Abfall fällt in jedem TVB an und die meisten Abfälle sind nicht branchenspezifisch

Mengenangaben zum Abfallaufkommen sind von zwölf Textilveredlungsbetrieben vorhanden. Die Menge der anfallenden textilen Abfälle unterscheidet sich bei den betrachteten Betrieben deutlich (siehe Tabelle 3.72). In der Regel können textile Abfälle wiederverwertet werden. Gegenwärtig entsorgen nur wenige TVI-Betriebe hochbelastete Abwasserströme wie zum Beispiel Rest-Farbklotzflotten und Rest-Ausrüstungsklotzflotten; meist werden diese Teilströme über den Abwasserpfad entsorgt. Die getrennte Entsorgung dieser Teilströme erfolgt meist in den Fällen in denen die Abwassergrenzwerte bezüglich des CSB-Wertes, Gesamt-Stickstoffs oder der Farbigkeit überschritten werden. Die getrennte Entsorgung von Restdruckpasten erfolgt häufiger. Diese Pasten werden in Verbrennungsanlagen oder – im Falle von Reaktiv- und Küpendruckpasten - in Faultürmen entsorgt.

Einige TVI-Betriebe behandeln ihr Abwasser über eine Fällungs/Flockungsstufe. Der anfallende Schlamm wird meist über Kammerfilterpressen bis zu einem Wassergehalt von 60-65% entwässert. Der spezifische Schlammanfall beträgt einschließlich des Wassergehaltes in der Regel zwischen 1-5 kg/m³ behandeltem Abwasser. Unter der Annahme einer spezifischen Abwassermenge von 100-150 l/kg Textil beträgt die auf die Produktionsmenge bezogene Schlammmenge 100-750 g/kg veredeltes Textilsubstrat.

Nummer des TVI-Betriebes	Spezifische Abfallmenge (Textilabfall) [kg Abfall/t Textil]	Bemerkung
TVI 1	39	PA-Strumpfherstellung; in der Hauptsache fällt textiler Abfall bei der Konfektion an
TVI 2	37	Weberei
TVI 3	20	Veredlung von Webware; Abfall setzt sich je zur Hälfte aus Faserstaub und Gewebeabfall zusammen
TVI 4	32	Weberei
TVI 5	6	Garnveredlung
TVI 6	88	Lohnveredlung von Strick- und Wirkware; hoher Anteil an Scher- und Rauhabfällen
TVI 7	52	Gewebeveredlung mit eigener Weberei
TVI 8	14	Lohnveredlung (hauptsächlich Wolle); Scher- und Rauhabfälle
TVI 9	160	Veredlung mit Flächengebildeherstellung; Scher und Rauhabfälle
TVI 10	7	Veredlung (hauptsächlich PES-Strickwaren)
TVI 11	84	Teppichherstellung (Tufting) und Teppichveredlung
TVI 12	43	Veredlung und Beschichtung (in der Hauptsache fällt Kantenschnitt an). Gesamtabfall (textiler und nicht textiler Abfall): 273 kg/t (174 kg/t Abfall zur Wiederverwertung; 85 kg/t Abfall zur Verbrennung)

Tabelle 3.72: Textilabfall von zwölf verschiedenen TVI-Betrieben

3.7 Literatur

[Bautzen, 2001]

Staatliches Umweltfachamt Bautzen, D-Bautzen

Persönliche Mitteilung

[EnviroTex, 1997]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Substitution und Minimierung von Problemstoffen in der Textilindustrie

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, A-Wien (1997)

[EnviroTex, 1998a]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionen aus der Direktbefeuerung von Textilveredlungsanlagen

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1998)

[EnviroTex, 1998b]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionen aus der Direktbefeuerung von Textilveredlungsanlagen. Teilbericht 1: Die Verarbeitung von mit Perchlorethylen vorgereinigter Ware

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1998)

[EnviroTex, 1998c]
EnviroTex GmbH, D-Augsburg
Erstellung eines Leitfadens für ein Umwelt-Qualitätsmanagement in der Textilveredlungsindustrie und seine Umsetzung in die betriebliche Praxis
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Aktenzeichen 06762), D-Osnabrück (1998)

[EnviroTex, 2000a]
EnviroTex GmbH; D-Augsburg
Erweiterte, wichtige immissionsschutzrechtliche Fragestellungen beim Betrieb von Textilveredlungsanlagen. Teilbericht 3: Trocknen und Fixieren carriergefärbter Ware
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1998)

[EnviroTex, 2000b]
EnviroTex GmbH, D-Augsburg
Erweiterte, wichtige immissionsschutzrechtliche Fragestellungen beim Betrieb von Textilveredlungsanlagen
Teilbericht 2: Pigmentdruck
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München (2000)

[EnviroTex, 2001]
EnviroTex GmbH, D-Augsburg
(1994-2001)
Emissionsmessungen nach deutschem Recht und Audits in der Textilveredlungsindustrie
Nicht veröffentlicht

[Eutech/ITA/LTT, 2000]
Eutech Energie- und Umweltberatung (Eutech), Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA), Lehrstuhl für Technische Thermodynamik der RWTH Aachen (LTT)
Branchen-Energiekonzept für die Textilindustrie in Nordrhein-Westfalen (kruska@ltt.rwth-aachen.de)
vorgelegt zur Veröffentlichung

[FhG-ISI, 1997]
Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Landwehr, M.; Marscheider-Weidemann, F.
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI)
Untersuchung zur Abwassereinleitung: Statistik wichtiger industrieller und gewerblicher Branchen zur Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Stoffen (1997)

[ITV, 1992]
Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV)
Die Ermittlung der Quellen von adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenen (AOX) in Abwässern der Textilindustrie und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung
Abschlußbericht (1992)

[LAI, 1997]
Bausteine für Regelungen bei Textilveredlungsanlagen
Hrsg.: Länderausschuss für Immissionsschutz, Erich Schmidt Verlag, LAI-Schriftenreihe 17 (1997)

[LFU, 2002]
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, D-Augsburg
Persönliche Information

[TEGEWA, 1994]
TEGEWA
Leitfaden zur Berechnung von Emissionsfaktoren, D-Frankfurt/Main (1994)

[TfI, 2001]
Teppichforschungsinstitut (TFI), D-Aachen
Draft of IPPC-BREF Carpet Industry (2001)

[THK, 2000]
Textilhilfsmittelkatalog 2000
Deutscher Fachverlag, D-Frankfurt/Main (1999)

[UBA, 2001]
Schönberger, H.
Die gegenwärtige Verbrauchs- und Emissionssituation der deutschen Textilveredlungsindustrie
UBA-Texte (vorgelegt zur Veröffentlichung)

[UMEG, 1996]
UMEG – Ges. für Umweltmessungen und –erhebungen mbH, D-Karlsruhe
„Abschlußbericht über die Durchführung von Emissionsmessungen in Betrieben der Textilveredlungs-
den Industrie, Jahresaktion der Gewerbeaufsicht 1996, Aktion B 8“
Bericht Nr.: 33-01/97 (1997)

4 TECHNIKEN FÜR DIE BESTIMMUNG VON BAT

4.1 Managementmethoden

4.1.1 Managementwerkzeuge und organisatorische Maßnahmen

Beschreibung

Organisatorische Maßnahmen und der bewusste Umgang mit den verwendeten Ressourcen sind zur Verbesserung der betrieblichen Umweltleistung von großer Wichtigkeit. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte, die dabei Berücksichtigung finden müssen, angesprochen:

Mitarbeiterschulung

- Durchführung von arbeitsplatz- bzw. tätigkeitsbezogenen Schulungen zur Steigerung des Umweltbewusstseins der Mitarbeiter
- Ausreichende Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit den Einsatzstoffen, insbesondere den Gefahrstoffen

Wartung der technischen Anlagen (Produktionsanlagen, Wärmerückgewinnungssysteme, Abwasseraufbereitungsanlagen und Abgasreinigungsanlagen)

- Wartung von Pumpen, Ventilen, Niveauschaltern
- Spannrahmen: routinemäßige Wartung und Brennerjustierung durch externe Firmen, Reinigung der Brennerluft-Zufuhr, Reinigung der Abgasführung
- Leckkontrollen (Wasserleitungen, Wärmeübertragungsflüssigkeiten, Druckluftleitungen)
- Regelmäßige Wartung von Filtern
- Kalibrierung von Messgeräten (Waagen, Dosiersysteme, Thermometer, Druck- und Durchflussmesseinrichtungen etc.)

Chemikalien-Lagerung und -Handhabung

- Ordnungsgemäße Lagerung unter Berücksichtigung der Deklarationen im Sicherheitsdatenblatt; getrennte Lagerung von giftigen und explosiven Stoffen
- Vermeiden von Verlusten beim Umfüllen und Abfüllen
- Automatische Farbküchen
- Automatische Dosieranlagen (siehe 4.1.3)
- Einsatz von Gaspendelanalgen beim Befüllen von Tanks

Ausreichende Informationen zu den Einsatzstoffen

- Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Basischemikalien: Informationen vom Hersteller über geeignete Lagerung und Handhabung sowie zur Umweltrelevanz sollten vorhanden sein (CSB, BSB₅, aquatische Toxizität, Bioeliminierbarkeit bzw. biol. Abbaubarkeit, Gehalt an Stickstoff, Phosphor, Schwefel und AOX-relevanter Verbindungen, Art und Menge an flüchtigen Verbindungen, Emissionsfaktoren, Gesundheits- und Sicherheitsaspekte)
- Textile Rohmaterialien: Informationen vom Hersteller über Art und Menge der Präparationen und Schlichtemittel, den Gehalt an Restmonomeren und Restlösemittel der Fasern sollte vorhanden sein

Vermeidung umweltkritischer Einsatzstoffe; Verringerung des Einsatzstoffverbrauchs

- Regelmäßiges Überprüfen der Rezepturen (Textilhilfsmittel und Chemikalien mit guter biologischer Abbaubarkeit bzw. Bioeliminierbarkeit, niedriger Human- und Ökotoxizität, geringer Flüchtigkeit und Geruchsintensität sollten bevorzugt werden)
- Vermeiden überschüssiger Farbmittel, Chemikalien und Textilhilfsmittel
- Optimierung des Produktionsablaufes (z.B. Färben: Das Färben dunkler Farben nach hellen Farben reduziert den Wasser- und Chemikalienverbrauch für das Maschinenreinigen; z.B. Ausrüstung: Maschinenstillstände und Aufheiz-/Abkühlschritte können verringert werden)

- Einsatz von Minimalauftragstechniken (Sprühauftrag, Schaumapplikation, spezielle Foulardsysteme)
- Verringerung von Druckpasten-Restflotten (siehe 4.2.1.4.3 und 4.2.1.4.4)

Wasser-Management

- Vermeidung von Lecks und sonstigen unnötigen Wasserverbräuchen
- Ersatz des Überlauf-Spülens oder Minimierung des Wasserverbrauchs beim Überlaufspülen durch eine verbesserte Prozesskontrolle
- Optimierung der Prozessplanung
- Ausrichtung der Verfahren in der Vorbehandlung nach den Qualitätskriterien in nachfolgenden Prozessen (z.B. kann auf das Bleichen bei dunklen Farbtönen meist verzichtet werden)
- Wiedereinsatz von Spülbädern
- Gegenstromführung bei kontinuierlichen Waschprozessen
- Getrennte Führung und Wiederverwendung von Kühlwasser als Prozesswasser
- Reinigung und Wiederverwendung von Prozesswasser aus ausgewählten, niedrig belasteten Abwasserströmen
- Durch eine ausreichende Prozesssicherheit bei der Aufbereitung von Frischwasser können Minderqualitäten und Nacharbeiten vermieden werden.

Abluft-Management

- Einsatz thermostabiler Präparationen entlang der gesamten textilen Kette (siehe 4.2.1.1.3)
- Einsatz emissionsarmer Textilhilfsmittel, Anwendung des Emissionsfaktorenkonzepts (siehe 4.2.1.1.2)
- Einstellung optimaler Temperaturen, Verweilzeiten und Minimierung des Luftdurchsatzes bei thermischen Prozessen
- Eine ausreichende Wascheffizienz (in der Vorbehandlung und bei Wasch/Spülvorgängen nach dem Färben) verhindert das Verschleppen flüchtiger Textilhilfsmittel in nachfolgende abluftrelevante thermische Prozesse. Die Auswahl geeigneter Waschmittel, die Einhaltung ausreichend langer Verweilzeiten und geeigneter Temperaturen in den Vorbehandlungsschritten ist zu gewährleisten.

Abfall-Management

- Das Vermeiden von Abfällen hat Priorität
- Getrenntes Sammeln und Entsorgen von unvermeidbaren Abfällen
- Reduzierung von Verpackungsabfällen
- Einsatz von Leihgebinden
- Wiederverwertung von textilen Abfällen

Energie-Management

- siehe 4.1.5 und 4.2.1.5.1

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Einsparungen im Chemikalien-, Textilhilfsmittel-, Farbmittel-, Frischwasser und Energieverbrauch, die Reduzierung des Abfallaufkommens sowie der Abwasser- und Abluftbelastungen und die Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen sind die direkte Folge der beschriebenen organisatorischen Maßnahmen.

Anwendbarkeit

Viele organisatorische Methoden sind lediglich mit Personalkosten verbunden. Umweltbewusste Mitarbeiter sind eine Grundvoraussetzung für die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen. Wenn bestehende Anlagen umgebaut oder neue Anlagen installiert werden müssen (z.B. automatische Dosieranlagen etc.) können zu hohe Kosten, technisch/logistische Schwierigkeiten oder Raumprobleme die Umsetzung einschränken

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte werden nicht beobachtet.

Referenz Anlagen

Managementsysteme zur stetigen Verbesserung der Umweltleistung sind in mehreren deutschen Textilveredlungsbetrieben wie auch weltweit eingeführt.

Betriebsdaten

Betriebliche Managementsysteme können sich an internationalen Normen zum Qualitäts- und Umweltmanagement (EN ISO 9000 ff und EN ISO 14001) sowie der EG-Öko-Audit-Verordnung (Verordnung Nr. 761/2001) ausrichten. Ein geeignetes Stoff- und Energieflussmanagement sollte vorhanden sein (siehe 4.1.2). Da Umweltangelegenheiten ein Querschnittsthema darstellen, ist ein ausreichender Informationsaustausch und die Kommunikation auf Firmenebene wie auch entlang der gesamten textilen Wertschöpfungskette erforderlich.

Wirtschaftliche Aspekte

Neben einer Verbesserung der Umweltleistung erhöhen die beschriebenen Methoden die Prozesssicherheit; dadurch können Kostenvorteile entstehen. Signifikante Kosteneinsparungen resultieren aus dem geringeren Verbrauch an Energie, Frischwasser, Chemikalien, Farbmitteln und Textilhilfsmitteln. Weitere Einsparungen ergeben sich durch die Vermeidung/Verringerung von Schadstoffen in Abwasser und Abluft und durch das geringere Abfallaufkommen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen, die Erhöhung der Prozesssicherheit, das Einhalten umweltrechtlicher Vorschriften und die Verbesserung der Umweltleistung sind die wesentlichen Gründe für die Einführung von organisatorischen Methoden bzw. Managementwerkzeugen, die einen ressourcenschonenden Umgang mit den Einsatzstoffen sicherstellen.

4.1.2 Erfassung der Input/Output-Massenströme und Darstellung in einem Kataster

Beschreibung

Alle Umweltprobleme sind direkt mit Massenströmen verknüpft. Deshalb ist es von grundlegender Bedeutung, die Menge und Zusammensetzung von Input- und Output-Massenströmen zu kennen. Detailliertes Wissen über diese Massenströme ist Basis und Voraussetzung für die Identifizierung von Optimierungspotenzialen und dient auch für die Prioritätensetzung. Dies betrifft nicht nur Umweltschutzmaßnahmen, sondern auch Optimierungen in wirtschaftlicher Hinsicht. Die Erstellung von Katastern für die Input-/Output-Massenströme kann auf verschiedenen Ebenen durchgeführt werden. Die allgemeinste Ebene ist standortbezogen und liefert einen ersten Überblick auf Jahresbasis. Abbildung 4.1 zeigt die dafür relevanten Input-/Output-Massenströme. Mit den jährlichen Mengen können textilsubstratspezifische Input-/Output-Faktoren berechnet werden. (z.B. Liter Wasserverbrauch/kg veredeltes Textilsubstrat oder g CSB im Abwasser/kg veredeltes Textilsubstrat etc.). Diese Faktoren können zum Vergleich von ähnlichen Textilveredlungsbetrieben (TVB) herangezogen werden. Bezüglich den Abwasseremissionen sind die verfügbaren Daten für verschiedene TVB-Klassen in Kapitel 3 enthalten.

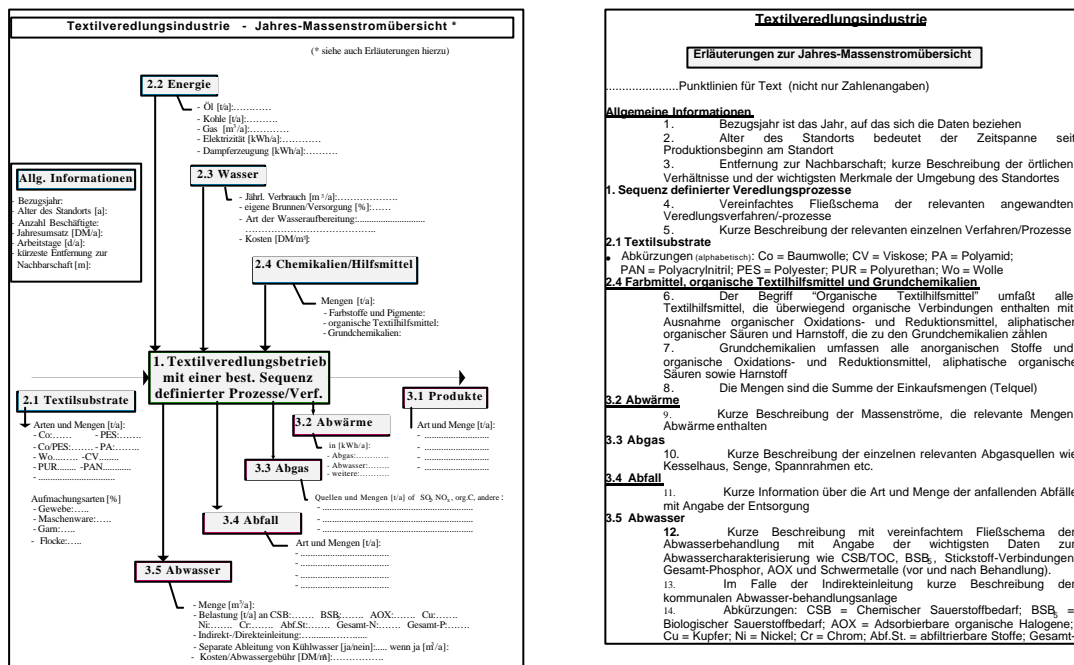


Abbildung 4.1: Jahres-Massenstromübersicht für einen Textilveredlungsbetrieb

Die systematische Ermittlung und Dokumentation der eingesetzten Chemikalien (Farbstoffe und Farbpigmente, Textilhilfsmittel und Textilgrundchemikalien) sind im Hinblick auf die Identifizierung von kritischen Verbindungen sehr wichtig. Deshalb wird es empfohlen, dafür folgende neun Formblätter zu verwenden (siehe Beispiel in Tabelle 4.1):

- Hilfs- und Veredlungsmittel für Fasern und Garne
- Vorbehandlungsmittel
- Textilhilfsmittel für Färberei und Druckerei
- Ausrüstungsmittel
- Universell einsetzbare anwendungstechnische Hilfsmittel
- Textilhilfsmittel, die nicht im Textilhilfsmittel-Katalog [melliand/TEGEWA, 2000] enthalten sind
- Textilgrundchemikalien (alle anorganischen Verbindungen, alle aliphatischen organischen Säuren, alle organischen Reduktion- und Oxidationsmittel, Harnstoff)
- Farbstoffe und Farbpigmente

Formblatt 3**Firma:****Jahr:****3. Textilhilfsmittel für die Färberei und Druckerei**

3.1 Farbstofflösemittel

3.2 Dispergiemittel und Schutzkolloide

3.3 Färbereinetzmittel, Entlüftungsmittel

3.4 Egalisiermittel

3.5 Färbebeschleuniger

3.6 Lauffaltenverhinderer (oder -verhüter)

3.7 Farbstoffschutzmit

3.8 Klotzhilfsmittel

3.9 Fixierbeschleuniger für Kontinuierfärberei und Druck

3.10 Nachbehandlungsmittel zur Echtheitsverbesserung

3.11 Bindemittel für die Pigmentfärberei und -druckerei 3.20 Beizmittel

3.12 Druckverdickungsmittel

3.21 Aufhellungs- und Abziehmittel

3.13 Emulgiermittel für den Benzindruck

3.22 Faserschutzmittel in der Färberei

3.14 Mittel zur Entfernung von Druckverdickungen

3.15 Druckerei- und Kantenkleber

3.16 Oxidationsmittel

3.17 Reduktionsmittel

3.18 Ätz- und Ätzhilfsmittel

3.19 Reservierungsmittel

Nr.	Handelsname	Chemische Charakterisierung	Einsatzb. Prozess, Awanfallst.	Gef.- Sym.	Jahres- verbrauch [kg/a]	Biologische Abbau- bzw. Eliminierbarkeit [%] mit Testangabe	spez. CSB- Wert [mg O ₂ /g]	spez. BSB5- Wert [mg O ₂ /g]	SMe-Gehalt [mg/g]	Org. Halogen- gehalt [mg/g]	CSB-Fracht [kg O ₂ /a]
3.16	Revatol S Gran.	Nitobenzolsulfosaures Natriumsalz	Färberei	Xi	3.817	>90; OECD 302 B	0,990	---	---		
3.04	Alviron OG-BM fl.	Zubereitung aus Tensiden und höhersied. Alkoholen	Färberei	---	3.536	>80; Nach Adaption	0,760	---	---		
3.17	Cyclanon ARC Plv.	Sulfinsäurederivat+Dispergiemittel	Färberei	Xi	2.450	20-70; OECD Confirmatory	0.335	---	---		
3.02	Lamepon UV fl.	Polysaccharid	Färberei	---	1.841	>70; OECD 302 B	0,350	---	---		
3.04	Drimagen E2R fl.	Aromatisches Polyethersulfonat	Färberei	Xi	1.775	46; OECD 302B	0,616	---	---		
3.23	Sandacid PBD fl.	Aliphatisches Carbonsäurederivat	Färberei	---	956	80; ZWT	0.309	---	---		
3.04	Peregal P fl.	Polyamidoamin	Färberei	---	829	>70; OECD Confirmatory	0,430	---	---		
3.23.	Egasol 910 Plv	Misch. Organischer und Anorganischer Salze	Färberei	Xi	785	---	---	---	---		
3.10	Indosol E-50 fl.	Aliphatisches Polyamin	Färberei	---	660	89; OECD 302B	0,420	---	---		

Tabelle 4.1: Formblatt für die Erfassung von Hilfsmitteln für die Färberei und Druckerei; entsprechende Formblätter werden für die restlichen acht Klassen (wie im Text erwähnt) zur Erfassung der Textilhilfsmittel, Grundchemikalien und Farbmittel verwendet

Die ersten sechs Gruppen sind mit denen des Textilhilfsmittel-Kataloges identisch. Textilhilfsmittel sind chemische Formulierungen, die hauptsächlich organische Komponenten enthalten. Grundchemikalien umfassen alle anorganischen Stoffe, alle aliphatischen organischen Säuren, alle organischen Reduktions- und Oxidationsmittel sowie Harnstoff. Die Auflistung ermöglicht eine erste Grobbewertung der eingesetzten Chemikalien sowie eine CSB-Inputbilanz. Die Angaben zur biologischen Abbaubarkeit/Eliminierbarkeit ist die Grundlage für die Auswahl von biologisch abbaubaren Produkten. Allerdings muss betont werden, dass nur die Bewertung aller Komponenten eines kommerziellen Produktes (das in der Regel eine Formulierung von verschiedenen chemischen Komponenten ist) ein vollständiges Bild ermöglicht. Außerdem müssen in vielen Fällen die Angaben zur biologischen Abbaubarkeit/Eliminierbarkeit kritisch hinterfragt werden in Bezug auf die Eigenschaften der Chemikalien und den Testmethoden.

Das nächste Niveau des Katasters ist die Verfahrensebene oder die Maschinenebene. Hierzu enthält Kapitel 3 nur Beispiele für den Wasserverbrauch und den Abwasseranfall sowie für Abgasemissionen und für den Energieverbrauch. In vielen Fällen führt auf dieser Ebene das Wissen direkt zu Ideen und Vorschlägen zur Verbesserung und Optimierung der Prozesse. zeigt ein Beispiel für den Energieverbrauch einer Prozesssequenz.

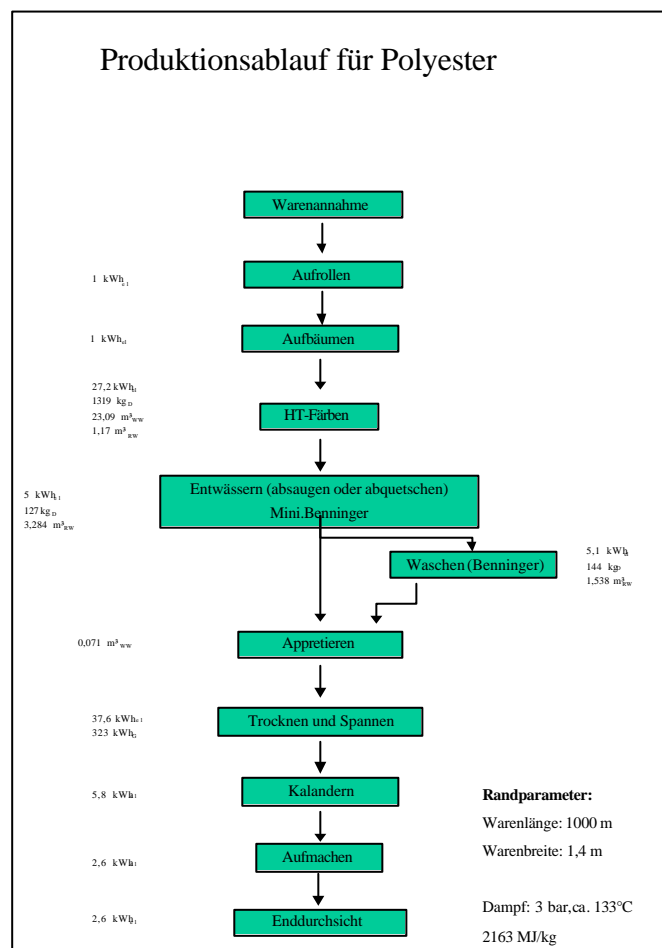


Abbildung 4.2: Beispiel für die Input/Output-Erfassung des Energieverbrauchs eines Prozesses [Eutech/ITA/LTT, 2000]; das Prinzip ist allerdings das gleiche wie z.B. für den Wasserverbrauch, Abwasseranfall oder Chemikalienverbrauch

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die beschriebene Erhebung und Dokumentation der Input-/Output-Massentröme sind grundlegender Bestandteil eines Umweltmanagementsystems und Voraussetzung für die Identifizierung von Optimierungspotenzial, sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht. Es ist der essenzielle Teil des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen anwendbar.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte treten nicht auf. Die Erfassung der Input/Output-Massenströme und Darstellung in einem Kataster ist auch die Grundlage für die Priorisierung von Maßnahmen zu ihrer Reduzierung, die auch Cross-media Effekte in Betracht zieht. Dies ermöglicht es, ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Referenzanlagen

Es gibt bereits mehrere Textilveredlungsbetriebe in Westeuropa, die Input-/Output-Massenströme auf Betriebsebene erfassen und in einem Kataster dokumentieren.

Nur wenige wenden diesen Ansatz systematisch auch auf Verfahrens-/Prozessebene an.

Betriebsdaten

Die Anwendung dieses Ansatzes benötigt hochqualifiziertes Personal. In vielen Fällen rentiert sich der Einsatz von solchen Experten. Allerdings hat sich diese Erkenntnis in der Textilveredlungsindustrie noch nicht durchgesetzt.

Wirtschaftliche Aspekte

Es gibt keine spezifischen Angaben über die ökonomischen Aspekte, aber angesichts des großen Verbesserungspotenzials in der Textilveredlungsindustrie lassen sich konkrete Maßnahmen meist schnell erschließen, was häufig zu einer schnellen Wirtschaftlichkeit dieses Ansatzes führt.

Gründe für die Anwendung der Technik

Der Wille, das große Verbesserungspotenzial zu erschließen, als auch die Einführung der Umweltmanagementsysteme EMAS/ISO 14001 waren die wichtigsten Gründe für die Implementierung dieser Technik.

Literatur

[melliand/TEGEWA, 2000]

melliand/TEGEWA

Textilhilfsmittel-Katalog 2000

Deutscher Fachverlag, Frankfurt (2000)

[Eutech/ITA/LTT, 2000]

Eutech Energie- und Umweltberatung (Eutech), Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA), Lehrstuhl für Technische Thermodynamik der RWTH Aachen (LTT)

Branchen-Energiekonzept für die Textilindustrie in Nordrhein-Westfalen (kruska@litt.rwth-aachen.de) zur Veröffentlichung vorgesehen

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

4.1.3 Automatisierte Zubereitung von Veredlungsflotten

Beschreibung

In der Textilveredlung werden die Textilsubstrate mit verschiedenen Chemikalien behandelt, die üblicherweise in Form von wässrigen Lösungen zum Einsatz kommen. Im Falle von hochkonzentrierten Klotzflotten für das Vorbehandeln, Färben und Ausrüsten ist es sehr wichtig, den Überschuss an Flotten zu minimieren. Heute sind automatisierte Systeme verfügbar, die eine Zubereitung der Flotten "just-in-time" ermöglichen. In Verbindung mit den kontinuierlichen Messungen der Flottenaufnahme und der durchgesetzten Substratmenge kann die benötigte Flottenmenge exakt berechnet und zugesetzt werden. Auf diese Weise kann der Überschuss an Flotten und so auch die Abwasserbelastung minimiert werden. Bei modernen Systemen wird das Spülwasser für Ansatzbehälter und Zuführungsleitungen bei der Berechnung der Flottenmenge berücksichtigt und für die Flottenzubereitung verwendet. Dies ist ein weiterer Beitrag zur Reduzierung der Abwassermenge und -belastung.

Die Abbildung 4.3 und Abbildung 4.4 zeigen Beispiele für das Schema einer automatisierten Station zur Zubereitung und Dosierung von Chemikalien für die Vorbehandlung und Ausrüstung. Ähnliche Anlagen können für das semi-kontinuierliche (KKV-Verfahren - siehe die entsprechend beschriebene Technik) und für das kontinuierliche Färben eingesetzt werden.

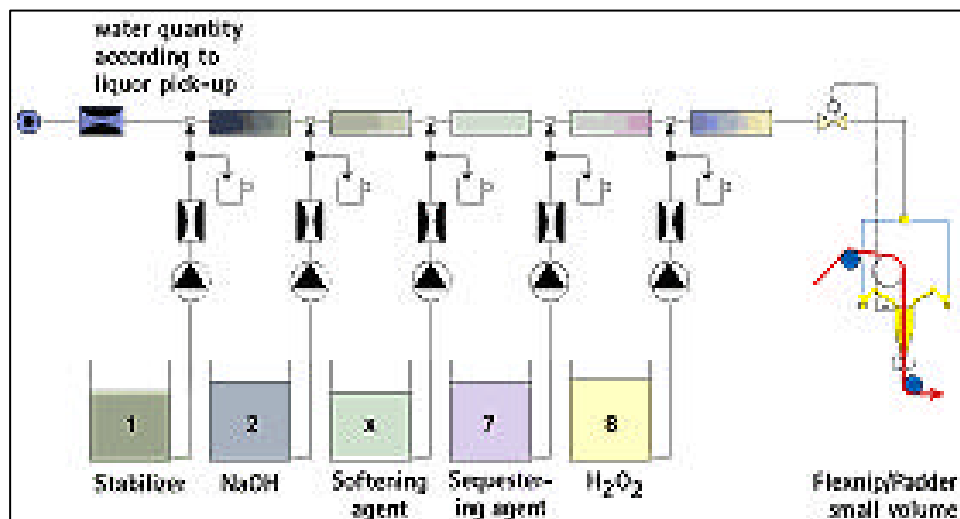


Abbildung 4.3: Beispiel für eine automatische Chemikalien-Dosierstation mit on-line Bestimmung der Flottenaufnahme und des Durchsatzes an Textilsubstrat für das Klotzen einer Bleichflotte auf Baumwollgewebe (Bild von Küsters GmbH, D-47805 Krefeld); water quantity according to liquor pick-up = Wassermenge entsprechend der Flottenaufnahme; Stabiliser = Stabilisator; Softening agent = Weichmacher; Sequestering agent = Sequestriermittel; Flexnip Padder small volume = Flexnip Sparchassis

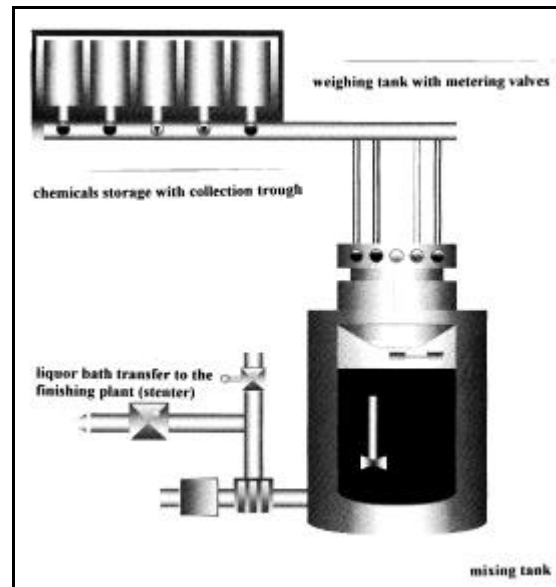


Abbildung 4.4: Beispiel für die on-line-Zubereitung von Klotzflotten für die Ausrüstung von Gewebe und Maschenware (Bilder von Mutschink GmbH, D-47918 Tönisvorst)

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die übliche Ableitung von überschüssigen Flotten wird beträchtlich minimiert und somit auch die Abwasserbelastung deutlich reduziert. Außerdem wird der Abwasseranfall durch Reinigungsvorgänge der Ansatzstation und der Leitungen durch die Wiederverwendung der dabei anfallenden Spülwässer zur Zubereitung der Flotten stark vermindert.

Anwendbarkeit

Automatisierte Dosiertechniken sind sowohl bei bestehenden als auch bei neuen Anlagen einsetzbar.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekt sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Automatisierte Ansatz- und Dosierstationen für Chemikalien sind in mehreren Textilveredlungsbetrieben in Deutschland und Europa im Einsatz, wie z.B. bei:

- Brennet AG, D-79704 Bad Säckingen
- Schmitz Werke GmbH + Co., D-48282 Emsdetten
- Görlitz Fleece GmbH, D-02829 Ebersbach
- Weyermann GmbH & Co.KG, D-41751 Viersen
- Rheinische FutterstoffveredlungsGmbH, 42117 Wuppertal
- Irmen GmbH, D-41352 Korschenbroich
- Thorey Gera Textilveredelung GmbH, D-07551 Gera

Betriebsdaten

Automatisierte Ansatz- und Dosierstationen für Chemikalien benötigen qualifiziertes Bedienungspersonal. Allerdings kann eine Person leicht eine Anlage bedienen. Kosteneinsparungen bis zu 30% sind möglich aufgrund der Reduzierung des Chemikalienverbrauchs und Wasserbedarfs und der Erhöhung der Reproduzierbarkeit.

Wirtschaftliche Aspekte

In Abhängigkeit von der Anzahl an Maschinen und der zuzubereitenden Flotten sowie der Anzahl an eingesetzten Chemikalien betragen die Investitionskosten für eine automatisierte Ansatz- und Dosierstation 70.000 - 250.000 EURO.

Gründe für die Anwendbarkeit der Technik

Die Notwendigkeit zur Reduzierung der Abwasserbelastung und zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit sowie ökonomische Überlegungen sind die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[--]

4.1.4 Minimierung des Wasserverbrauchs für verschiedene Arten von Textilveredlungsbetrieben und für kontinuierliche Breit-Waschprozesse

Beschreibung

Für diskontinuierliche Veredlungsprozesse hängt der Wasserverbrauch hauptsächlich vom Flottenverhältnis, Anzahl der Bäder (die wiederum vom Substrat und der angewandten Technik zum Vorbehandeln und Färben abhängen) und der angewandten Spültechnik ab. In Bezug auf die Minimierung des Flottenverhältnisses und die optimierte Spültechnik ist eine entsprechende Technik beschrieben (siehe 4.2.1.3.1); allerdings betrifft diese Technik nur flächiges Textilsubstrat und nicht Garn oder Flockmaterial. Für letzteres betragen die optimierten Flottenverhältnisse 1:6 - 1:8.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 3 genannten Werte für den Wasserverbrauch und mit Verknüpfung von Expertenwissen (Bewertung von Prozessen, verfügbare Maschinen und angewandte Spültechniken) sind folgende Wasserverbräuche üblicherweise erreichbar:

- Garnveredlung:	70 - 120 l/kg
- Veredlung von Maschenware	70 - 120 l/kg
- Pigmentdruck auf Maschenware	0,5 - 3 l/kg
- Veredlung von Gewebe, das hauptsächlich aus cellulosischen Fasern besteht	50 - 100 l/kg
- Veredlung von Gewebe, das hauptsächlich aus cellulosischen Fasern besteht einschließlich Druck mit Reaktiv- und/oder Küpenfarbstoffen	< 200 l/kg
- Veredlung von Gewebe, das hauptsächlich aus Wolle besteht	< 200 l/kg
- im Falle der Lohnveredlung mit Spezialprozessen, die höhere Flottenverhältnisse benötigen	< 250 l/kg

Für die Veredlung von breiter Web- oder Maschenware sind moderne Maschinen mit sehr hoher Wascheffizienz verfügbar. Für den Wasserverbrauch sind folgende Werte erreichbar (Tabelle 4.2):

	Gesamt-Wasserverbrauch [l/kg]	Heißwasserverbrauch [l/kg]
Vorbehandlungsprozesse		
Waschen zum Entschlichten	3 - 4	3 - 4
Waschen nach dem alk. Abkochen	4 - 5	4 - 5
Waschen nach dem Bleichen	4 - 5	4 - 5
Waschen nach dem Kaltbleichen	4 - 6	4 - 6
Waschen nach dem Mercerisieren - Waschen zur NaOH-Entfernung - Neutralisation ohne Trockner - Neutralisation mit Trockner	4 - 5 (heiß) 1 - 2 (kalt) 1 - 2 (warm)	
<u>Waschen nach dem (semi-) kontinuierlichen Färben</u>		
Reaktivfarbstoffe	10 - 15	4 - 8
Küpenfarbstoffe	8 - 12	3 - 7
Schwefelfarbstoffe	18 - 20	8 - 10
Naphtolfarbstoffe	12 - 16	4 - 8
<u>Drucknachwäsche</u>		
Reaktivfarbstoffe	15 - 20	12 - 16
Küpenfarbstoffe	12 - 16	4 - 8
Naphtolfarbstoffe	14 - 18	6 - 10
Dispersionsfarbstoffe	12 - 16	4 - 8

Tabelle 4.2: Erreichbare spezifische Wasserverbräuche für Waschprozesse für die Veredlung breiter Webware aus Baumwolle oder Viskose und Mischungen mit Synthefasern; die Werte der verschiedenen Prozesse sind additiv und stammen von einem Anlagenhersteller, wurden aber von Textilveredlungsbetrieben bestätigt

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Diskontinuierliche Prozesse: Mit optimiertem Flottenverhältnis, optimierter Spültechnik und Minimierung der Flottenanzahl kann eine beträchtliche Einsparung von Wasser und Energie erreicht werden.

Kontinuierliche Prozesse: Beträchtliche Einsparungen an Wasser und Energie werden erzielt.

Anwendbarkeit

Diskontinuierliche Prozesse: In vielen Fällen kann ein minimiertes Flottenverhältnis nur durch die Installation neuer Maschinen erreicht werden, während optimierte Spültechniken und die Minimierung der Flottenanzahl oft auch in bestehenden Anlagen durchgeführt werden können.

Kontinuierliche Prozesse: Die genannten niedrigen Werte sind nur bei Neuanlagen erreichbar. Allerdings können bestehende Anlagen meist auch hinsichtlich Wasser- und Energieverbrauch optimiert werden.

Cross-media Effekte

Sehr intensive und hocheffiziente Waschtechniken mit niedrigem Wasserverbrauch benötigen besondere mechanische Waschbedingungen (Sprühen, Saugen etc.), was zu einem höheren Stromverbrauch führen kann. Allerdings ist dieser Mehrverbrauch klein im Vergleich zu den Einsparungen an chemischer Energie für die Erhitzung von Wasser.

Referenzanlagen

Es gibt heute viele Anlagen in Deutschland, Europa und weltweit, die erfolgreich in Betrieb sind.

Betriebsdaten

Bezüglich den kontinuierlichen Prozessen ist festzuhalten, dass viele Prozesse, die früher diskontinuierlich durchgeführt wurden, heute kontinuierlich praktiziert werden. Diese Umstellung führt zu einer beträchtlichen Einsparung von Wasser und Energie. Außerdem werden Prozesse häufig zu einer Stufe

zusammengefasst, wie z.B. das alkalische Abkochen und das Bleichen, was ebenfalls zu deutlichen Einsparungen führt.

Wirtschaftliche Aspekte

Spezifische Informationen sind nicht verfügbar.

Gründe für die Anwendung der Technik

Steigende Kosten für Wasser (insbesondere im Fall der Wasserversorgung aus dem öffentlichen Netz) und Abwasser (insbesondere die Abwassergebühren) sowie für Energie sind die Hauptgründe für die Einführung der Technik. In bestimmten Gebieten ist auch die begrenzte Verfügbarkeit von Wasser die Hauptmotivation für ihren Einsatz.

Literatur

[--]

4.1.5 Rationeller Energieeinsatz

Beschreibung

Da Veredelungsprozesse sehr energieintensiv sind, spielt die Reduzierung des Energieverbrauchs sowohl vom ökologischen wie auch wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, eine große Rolle. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Energieverbrauch direkt mit dem Wasser- und Frischluftverbrauch und den Prozesszeiten verknüpft ist.

Im Folgenden sind verschiedene Ansätze für einen rationellen Energieeinsatz in der Textilveredelung aufgeführt:

- Einstellung und Kontrolle optimierter Verfahrenstemperaturen bei wässrigen Prozessen und beim Trocknen/Fixieren, sorgfältige Wartung der Spannrahmenbrenner, Minimierung der Abluftvolumina und des Wasserverbrauchs, Aufzeichnen des Energieverbrauchs, Leckkontrolle in Druckluftleitungen etc. (siehe auch 4.1.1)
- Kontrolle des Feuchtegehalts der Umluft und der Warenfeuchte bei Trocknungs- und Kondensierungsprozessen
- Minimierung des Feuchtegehalts von Textilien mittels mechanischer Vorrichtungen (Abquetschen oder Vakuumabsaugung) vor der thermischen Trocknung
- Ausreichende Wärmeisolierung der Rohre, Ventile, Tanks, Maschinen
- Optimierung des Kesselhauses (Kondensat-Rückführung, Ansaugung vorgewärmter Brennerluft, Abgas-Wärmerückgewinnung)
- Installation von Wärmerückgewinnungssystemen im Abwasser und Abluftpfad
- Installation frequenzkontrollierter Elektromotoren
- Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung nach einer sorgfältigen Untersuchung zur aktuellen und zukünftigen Energiesituation.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der wesentliche ökologische Nutzen der Energieeinsparung liegt in der Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und weiterer Verbrennungsgase.

Anwendbarkeit

Bei bestehenden Anlagen sind Umbauten/Erweiterungen aufgrund von technischen/logistischen Problemen oder Raumproblemen zum Teil nicht möglich.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte treten nicht auf

Referenzanlagen

Techniken zur Reduzierung des Energieverbrauchs, insbesondere Wärmerückgewinnungsanlagen, sind in fast allen Textilveredelungsanlagen in Deutschland und auch weltweit installiert.

Betriebsdaten

Die Energiesituation des gesamten Textilbetriebes sollte vor der Installation von Wärmerückgewinnungssystemen überprüft werden. Integrierte Energiekonzepte sollten Insellösungen vorgezogen werden. Die ausreichende Wartung von Wärmerückgewinnungsanlagen muss sichergestellt sein.

Wirtschaftliche Aspekte:

Für die Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser und die thermische Isolierung von HT-Färbemaschinen ist im Folgenden eine Amortisationsrechnung aufgeführt [EnviroTex, 2000]. Die Berechnung für die Amortisationszeiten von Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen ist unter 4.2.1.5.1 beschrieben.

Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser

Zwei typische Abwassertemperaturen werden betrachtet:

- 95 °C
- 68 °C

Kalkulationsbasis:

Frisch- und Abwassermenge:	5 m³/h
Frischwassertemperatur:	15 °C
Effizienz des Wärmeaustauschers:	88%
Gaskosten:	0,25 EURO/m³
Wartung:	500 EURO/a
Zinsen:	6%

		Abwassertemp. 95 °C		Abwassertemp. 68 °C	
		Kosteneinsparungen [EURO]	Amortisationszeit [a]	Kosteneinsparungen [EURO]	Amortisationszeit [a]
1 Wärmeaustauscher	Einschicht	18950	1	12000	1,7
2 Wärmeaustauscher		22700	1.7	14450	2,8
1 Wärmeaustauscher	Zweischicht	37900	0.5	24000	0,8
2 Wärmeaustauscher		45400	0.8	29100	1,4
1 Wärmeaustauscher	Dreischicht	56850	0.3	36000	0,6
2 Wärmeaustauscher		68100	0.5	43650	0,9

Tabelle 4.3: Amortisationszeiten für Wärmerückgewinnung aus Abwasser

Wärmeisolierung für HT-Färbeaggregate

Kalkulationsbasis:

Wärmeübertragungskoeffizient Edelstahl:	15,1 W/m²K
Wärmeübertragungskoeffizient Isolierung:	0,766 W/m²K
Färbetemperatur:	110 °C
Raumtemperatur:	30 °C
HT-Färbeaggregate (mittlere Temperatur 110 °C):	10 h/d
Arbeitszeit:	230 d/a
Erdgaskosten:	0,25 EURO/m³
Verluste Energieumwandlung und -transport:	15%
Färbeaggregat 1 – Aussenfläche:	17,5 m²
Färbeaggregat 2 – Aussenfläche:	23,5 m²
Färbeaggregat 3 – Aussenfläche:	31,6 m²

	Färbeaggregat 1	Färbeaggregat 2	Färbeaggregat 3
Materialkosten Isolierung [EURO]	3838	5263	6500
Personalkosten Installation [EURO]	2000	2000	2000
Abstrahlverluste/a [MWh]	45,4	60,9	81,9
Gaseinsparung/a [EURO]	1434	1926	2590
Amortisationszeit [a]	4,9	4,6	3,8

Tabelle 4.4: Amortisationszeiten für Wärmeisolierungen an Färbeapparaten

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen sind der Hauptgrund für den rationellen Energieeinsatz in der Textilveredlung.

Literatur

[EnviroTex, 2000]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

CO₂-Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Textilveredelungsindustrie

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, D-Augsburg (2000)

4.1.6 Managementmethode zur Minimierung von Geruchsbelästigungen

Beschreibung

Geruchsbelästigungen treten in der Textilindustrie vielfach auf. In Kapitel 3.5.10 (Tabelle 3.68) sind die wichtigsten geruchsverursachenden Stoffe und ihre möglichen Quellen aufgelistet.

Um das Geruchspotenzial zu identifizieren, abzuschätzen und zu minimieren, müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden [EnviroTex, 1996; EnviroTex, 2000]:

a) Datenerfassung

Ermittlung aller Daten bzgl. Textilhilfsmittel- und Farbstoffverbrauch; Beschaffung und Auswertung (im Hinblick auf ein mögliches Geruchspotenzial) aller Sicherheitsdatenblätter und weiterer Produktinformationen. Erfassung aller Textilmaterialien hinsichtlich möglicher geruchsintensiver Verbindungen (Präparationen, Restlösemittel, Restmonomere). In einigen Fällen müssen die Lieferanten zur Vervollständigung der Daten befragt werden.

Identifizierung der Leitprozesse und ihrer Häufigkeit.

b) Abschätzung von Geruchskonzentrationen und Geruchsmassenströmen

In diesem Schritt erfolgt die Korrelation der produktspezifischen Daten und der Prozessdaten (am besten für jeden einzelnen Spannrahmen). Das Thermofixieren/Rohfixieren, Trocknen (Verschleppungen aus vorausgegangenen Prozessen), die Ausrüstung und Emissionen aus den Aggregaten im Falle direkt beheizter Spannrahmen sollten berücksichtigt werden. Die Organisch-C-Fracht, welche einen Überblick über die wesentlichen Emissionspotenziale gibt, kann mittels Emissionsfaktoren, die die Lieferanten bereitstellen, abgeschätzt werden (siehe 4.2.1.1.2). Aufgrund fehlender Informationen müssen die Emissionen aus der textilen Rohware meist abgeschätzt werden.

Auf dieser Basis und aufgrund von Informationen bzw. Abschätzungen von produktspezifischen Geruchsschwellenwerten können Geruchskonzentrationen [GE/m^3] und Geruchsmassenströme [GE/h] abgeschätzt werden. In einer groben Schätzung können Geruchskonzentrationen von

- 2500 GE/m^3 für das Thermofixieren und
 - 500 GE/m^3 für die Ausrüstung
- angenommen werden.

c) Abschätzung der Geruchssituation

Die Abschätzung sollte die Qualität/Quantität der Gerüche beschreiben und die Gründe für die Geruchsbelästigung beinhalten. Dies sollte für die einzelnen Produkte, Spannrahmen und Kamine erfolgen. Konsequenzen sind

- Diskussionen mit den Lieferanten
- Substitution von geruchsintensiven Textilhilfsmitteln/Chemikalien oder Minimierung des Verbrauchs dieser Substanzen und
- Veränderungen von Prozessparametern.

In den Fällen, wo eine Abschätzung der Geruchssituation nicht möglich ist, sind olfaktometrische Messungen die beste Alternative.

Wenn Geruchsbelästigungen mit integrierten Umweltschutzmaßnahmen nicht minimiert werden können, muss eine Abgasreinigung oder eine Erhöhung des Schornsteins erfolgen.

Die folgenden Abbildungen können beim Abschätzen von Schornsteinerhöhungen im Hinblick auf unterschiedliche Geruchsmassenströme hilfreich sein. Es muss allerdings beachtet werden, dass nicht nur die Höhe des Schornsteins sondern auch die Anzahl der Schornsteine und die lokale Situation im Hinblick auf die Schornsteinlage die Geruchssituation vor Ort bestimmen.

Schornsteinhöhe [m]	5 m	10 m	15 m
Geruchsmassenstrom			
10 x 10 ⁶ GE/h	-	-	-
50 x 10 ⁶ GE/h	wahrscheinlich	-	-
100 x 10 ⁶ GE/h	höchst wahr- scheinlich	wahrscheinlich	-

Abbildung 4.5: Abschätzen der Geruchssituation (Einschicht-Betrieb); gefärbte Segmente: Häufigkeit der Geruchswahrnehmung > 10%; (GE: Geruchseinheiten)

Schornsteinhöhe	5 m	10 m	15 m
Geruchsmassenstrom			
10 x 10 ⁶ /h	höchst wahr- scheinlich	wahrscheinlich	-
50 x 10 ⁶ GE/h	höchst wahr- scheinlich	wahrscheinlich	wahrscheinlich
100 x 10 ⁶ GE/h	höchst wahr- scheinlich	höchst wahr- scheinlich	wahrscheinlich

Abbildung 4.6: Einschätzung der Geruchssituation (Dreischicht-Betrieb); gefärbte Segmente: Häufigkeit der Geruchswahrnehmung > 10% (GE: Geruchseinheiten)

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Geruchsbelästigungen im Hinblick auf die Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz und die Nachbarschaftssituation können durch Identifikation und Substitution geruchsintensiver Substanzen und/oder Modifikation der Prozessschritte minimiert werden.

Anwendbarkeit

Die beschriebene Vorgehensweise ist bei jedem Textilveredlungsbetrieb möglich. Es müssen jedoch ausreichende Daten zu den Einsatzstoffen vorliegen (textile Rohmaterialien, Chemikalien, Textilhilfsmittel). Eine detaillierte Berechnung der Geruchskonzentrationen und Geruchsmassenströme auf Basis von Geruchsschwellenwerten von Substanzen ist aufgrund oft nicht vorhandener Daten und der Tatsache, dass in der Literatur oftmals weite Bereiche für Geruchsschwellenwerte angegeben werden, begrenzt. Jedoch kann eine Abschätzung der Geruchssituation immer die Dimension des Problems aufzeigen.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte müssen nicht beachtet werden.

Referenzanlagen

In einigen deutschen Textilanlagen konnten Geruchsbelästigungen mittels der oben aufgeführten Methode minimiert werden, ohne dass Abgasreinigungsanlagen installiert werden mussten.

Wirtschaftliche Aspekte

Nur Personalkosten müssen beachtet werden. Auf Abgasreinigungsanlagen kann zum Teil verzichtet werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Geruchsbelästigungen aus der Nachbarschaft sind besonders in Deutschland, wo die Textilbetriebe oft sehr nahe an der Wohnbebauung liegen, recht häufig. Eine Minimierung der geruchsintensiven Substanzen/Prozesse ist daher von großem Interesse für die Textilveredlungsbetriebe.

Literatur

[EnviroTex, 1996]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Projekt Mischgewebe

Umweltministerium Baden-Württemberg, D-Stuttgart (1996)

[EnviroTex 2000]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Erweiterte, wichtige immissionsschutzrechtliche Fragestellungen beim Betrieb von Textilveredlungsanlagen – Teilbericht 1: Geruchsintensive Inhaltsstoffe von Textilhilfsmitteln und deren Verschleppung.

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (2000)

4.2 Textilveredlung

4.2.1 Prozess- und produktionsintegrierte Techniken

4.2.1.1 Einsatzstoffe

4.2.1.1.1 Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässerrelevanz

Beschreibung

In den vergangenen 15 Jahren sind in den Niederlanden (RIZA-Konzept), in Dänemark (SCORE-System) und in der Schweiz (BEWAG-Modell) verschiedene Systeme für die ökotoxikologische Bewertung bzw. Klassifizierung entwickelt worden [Lepper, 1996]. Unter Berücksichtigung dieser Ansätze ist in Deutschland ein wissenschaftlich orientiertes neues System für die Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässerrelevanz ausgearbeitet worden [Lepper, 1996]. Die nachfolgende Diskussion zwischen Behörden und Industrie hat zu einem vereinfachten Bewertungssystem geführt. Der Hauptgedanke war dabei, eine ausbaufähige Entwicklung einzuleiten [TEGEWA, 1998]. Das Konzept für die Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässerrelevanz besteht aus einem logischen Entscheidungsbaum zur Einteilung der Textilhilfsmittel in drei Relevanzstufen:

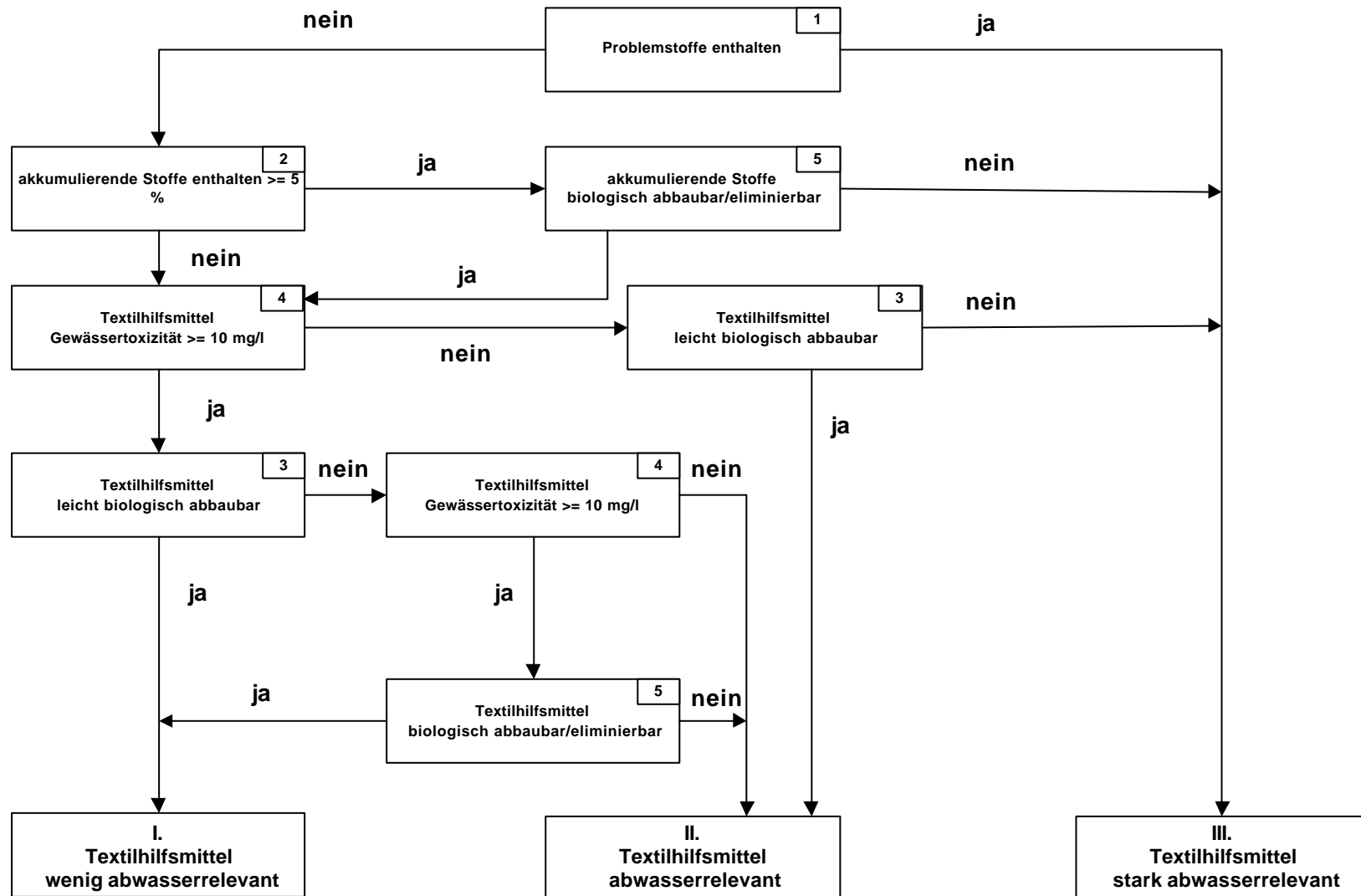
Klasse I	wenig abwasserrelevant
Klasse II	abwasserrelevant
Klasse III	stark abwasserrelevant

Die zentralen Rahmenbedingungen für die Einführung des Bewertungskonzeptes sind:

- ◆ Die eigenverantwortliche Einstufung durch die Textilhilfsmittel-Hersteller unter Koordination durch TEGEWA (TEGEWA = Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoff-Industrie e.V., D-60329 Frankfurt)
- ◆ Überprüfung der korrekten Einstufung der Textilhilfsmittel in die drei Klassen durch einen Experten.
- ◆ Monitoring und Bericht über die Wirksamkeit der freiwilligen Selbstverpflichtung mit Vorlage des Berichtes beim BMU. Dazu werden alle zwei Jahre die Anzahl und die Mengen der den Klassen I, II und III zugeordneten und in Europa verkauften Textilhilfsmittel von einem neutralen Experten erfasst.
- ◆ Das Auslösen von Marktmechanismen zur Entwicklung umweltverträglicherer Produkte.

Das Klassifizierungskonzept erhebt keinen Anspruch darauf, eine differenzierte ökotoxikologische Bewertung von Textilhilfsmitteln vorzunehmen. Es verfolgt vielmehr das Ziel, den Anwendern zu ermöglichen, ihre Textilhilfsmittel unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte auszuwählen. Damit soll durch ökologischen Wettbewerb ein Trend zur Entwicklung umweltverträglicher Textilhilfsmittel eingeleitet werden. Der Verband der deutschen Textilveredlungsindustrie (TVI-Verband, D-Eschborn) unterstützt das Einstufungskonzept und hat die Selbstverpflichtung mit unterzeichnet und veröffentlicht. Er empfiehlt den Mitgliedsfirmen ausschließlich eingestufte Produkte und bevorzugt solche der Klassen I und II zu verwenden [TVI-Verband, 1997].

Eine Klassifizierung des Textilhilfsmittels ist sowohl auf der Basis von Daten für die Zubereitung als auch auf der Grundlage von Daten für die Inhaltsstoffe möglich, indem diese gemittelt werden. Bei neu zu erhebenden Daten wird empfohlen, diese an Inhaltsstoffen zu ermitteln.



Schema für die Einstufung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Abwasserrelevanz - [TEGEWA, 1998]

Fußnoten zum Klassifizierungsschema:

1. Problemstoffe sind
 - 1.1 CMR-Stoffe, die mit den R-Sätzen nach Anhang I der EU-Richtlinie 67/548/EEC gekennzeichnet sind
 - klassifiziert als "karzinogen" nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 und gekennzeichnet mit R45 (kann Krebs erzeugen) oder R49 (kann Krebs erzeugen beim Einatmen),
 - klassifiziert als "mutagen" nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 und gekennzeichnet mit R46 (kann vererbare Schäden verursachen) oder R60 (kann die Fortpflanzung beeinträchtigen),
 - klassifiziert als "reproduktionstoxisch" nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 und gekennzeichnet mit R61 (kann das Kind im Mutterleib schädigen).
 - 1.2 Inhaltsstoffe, die eine Gewässertoxizität (Definition siehe Fußnote 4) $< 0,1$ mg/l aufweisen und nicht leicht biologisch abbaubar (Definition siehe Fußnote 3) sind,
 - 1.3 Niedermolekulare Halogenkohlenwasserstoffe (Halogenanteil $> 5\%$, Kettenlänge $C_1 - C_{12}$),
 - 1.4 Arsen und Arsenverbindungen,
 - 1.5 Blei und Bleiverbindungen,
 - 1.6 Cadmium und Cadmiumverbindungen,
 - 1.7 Tri- und Tetraorganozinnverbindungen,
 - 1.8 Quecksilber und Quecksilberverbindungen,
 - 1.9 APEO,
 - 1.10 EDTA, DTPA.
2. Als akkumulierend im Rahmen der Klassifizierung dieser Selbstverpflichtung gelten Stoffe, die mit R53 (kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben) - allein oder in Kombination mit anderen R-Sätzen - gekennzeichnet sind.
3. Leicht biologisch abbaubar =
OECD- Tests 301 A-F mit $\geq 60\%$ BSB/CSB bzw. CO_2 -Entwicklung oder $\geq 70\%$ DOC- Abnahme in 28 Tagen.
4. Gewässertoxizität der Textilhilfsmittel =
LC 50 Daphnie, ersatzweise Fisch.
5. Biologisch abbaubar/eliminierbar =
OECD-Test 302 B: $\geq 70\%$ DOC-Abnahme in 28 Tagen, oder
OECD-Test 302 C: $\geq 60\%$ O_2 -Verbrauch, oder
Nachweis einer $\geq 70\%$ Reduzierung in Kläranlagen typischen Fällungen.

Anmerkung:

Die Beurteilung "leicht biologisch abbaubar (3)", "Gewässertoxizität (4)", und "biologisch abbaubar/eliminierbar (5)" von Textilhilfsmitteln kann nicht nur auf der Basis von Prüfdaten für die fertige Zubereitung erfolgen, sondern auch auf der Grundlage valider Daten durch Mitteilung über die einzelnen Inhaltsstoffe.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das Bewertungsschema ermöglicht es dem Textilveredler, die Textilhilfsmittel auch nach ökologischen Aspekten auszuwählen. Die Einführung des Systems in Deutschland im Jahre 1998 hat zu einem deutlichen Rückgang der Verwendung von Klasse III-Produktion geführt (Tabelle 4.5).

	Anzahl				Absolute Mengen [t/a]				Mengenanteile [%]			
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
Klasse I	2821	3020	3242	3164	98446	105983	102578	104406	63	67	75	77
Klasse II	1499	1485	1358	1258	29972	29422	23321	22103	19	18	17	16
Klasse III	460	417	358	297	27574	23830	10231	9206	18	15	8	7
Summe	4780	4922	4958	4719	155992	159235	136130	135715	100	100	100	100

Tabelle 4.5: In Deutschland von 1997 bis 2000 verkaufte Textilhilfsmittel; Anzahl, Menge und Anteil der Textilhilfsmittel an den Klassen I, II und III - nach TEGEWA

Dies ist das Ergebnis

- der Substitution von kritischen Inhaltsstoffen und
- vom Markt nehmen von Klasse III-Produkten.

Zwei weitere Bemerkungen zur Entwicklung von 1998 bis 2000:

- Die Anzahl von Klasse I-Produkten hat sich erhöht, während sich ihre Menge (in Tonnen) verringert hat, weil viele neue Produkte noch einen kleinen Mengen- bzw. Umsatzanteil aufweisen. Zusätzlich ist die rückläufige wirtschaftliche Entwicklung dafür verantwortlich.
- Es ist ein hoher Rückgang der Menge (in Tonnen) der Klasse III-Produkte zu verzeichnen, während der Rückgang der Anzahl an Klasse III-Produkten klein ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Textilhilfsmittelhersteller begonnen haben, zunächst diejenigen Produkte mit hoher Mengen- und Umsatzrelevanz zu substituieren.

Anwendbarkeit

Das Bewertungsschema kann ohne Beschränkungen zu jeder Zeit und an jedem Ort in Europa für alle Textilhilfsmittel angewandt werden.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht zu nennen.

Es treten keine Nachteile für die Qualität der Textilien auf, weil die abwasserrelevanten Hilfsmittel ausschließlich durch solche ersetzt werden, die die gleichen Anwendungseigenschaften aufweisen.

Wirtschaftliche Aspekte

Zusätzliche Kosten entstehen durch die Neuformulierung von Textilhilfsmitteln und den anwendungstechnischen Untersuchungen. Diese Kosten sind sehr produktabhängig und schwierig abzuschätzen. In Deutschland sind diesbezüglich bisher keine nennenswerten Probleme aufgetreten.

Literatur

[Lepper, 1996]

Lepper, P.; Schönberger, H.

Konzipierung eines Verfahrens zur Erfassung und Klassifizierung von Textilhilfsmitteln

Abschlussbericht FKZ 10901210 zu einem Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes (1996) - nicht veröffentlicht

[TEGEWA, 1998]

Noll, L.; Reetz, H.

Gewässerökologisch orientierte Klassifizierung von Textilhilfsmitteln

Melliand Textilberichte 81 (2000) 633-635

[TVI-Verband, 1997]

Verband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband, D-Eschborn

Offizielle und publizierte Selbstverpflichtung zur Klassifizierung von Textilhilfsmitteln (THM) nach ihrer Gewässerrelevanz vom 27.11.1997 (1997)

4.2.1.1.2 Emissionsfaktorenkonzept

Beschreibung

Über das Emissionsfaktorenkonzept erhält die Textilveredlungsindustrie Informationen zum Abluftemissionspotenzial der eingesetzten Textilhilfsmittel. Das Konzept ermöglicht es, bereits den eingehenden Stoffstrom auf seine Emissionsrelevanz hin zu beurteilen. Damit kann durch Substitutionsmaßnahmen bei den Einsatzstoffen, d. h. durch eine Beeinflussung der Input-Stoffströme eine Verringerung der Abluftbelastung erreicht werden. Das Emissionsfaktorenkonzept wurde in Zusammenarbeit zwischen Behörden auf Landes- und Bundesebene, dem Gesamtverband der Deutschen Textilveredlungsindustrie (TVI-Verband) und dem Verband der Textilhilfsmittel, Lederhilfsmittel, Gerbstoff- und Waschrohstoff-Industrie e.V. (TEGEWA) entwickelt [Bayern, 1994; LAI, 1997; Schmidt, 1995]. Das Konzept gilt für Anlagen in der Textilveredlung (einschließlich der zugehörigen Trocknungsanlagen), die für das Thermofixieren, Thermosolieren, Beschichten, Imprägnieren und Appretieren eingesetzt werden. Das Ziel des Konzeptes ist die Minimierung des Emissionspotenzials der Textilhilfsmittel und damit der Abluftemissionen in der Textilveredlung. Das Konzept schafft Transparenz über das Emissionspotenzial der Textilhilfsmittel bzw. Rezepturen und ermöglicht eine verbesserte Kontrolle über die Emissionsrelevanz der Textilhilfsmittel und Rezepturen.

In der Regel werden Abluftemissionen als Massenkonzentrationen (mg Substanz/m^3 Abluft) und als Massenströme g Substanz/h angegeben.

Das Emissionsfaktorenkonzept definiert Substanzemissionsfaktoren und warenbezogene Emissionsfaktoren:

Substanzemissionsfaktoren für Textilhilfsmittel

Der Substanzemissionsfaktor (f_c oder f_s) ist definiert als die Menge an organischen und anorganischen Substanzen in Gramm, welche unter definierten Prozessbedingungen (Verweilzeit, Temperatur, Substrat) von einem kg Textilhilfsmittel emittiert werden können. Typische Substanzemissionsfaktoren sind in Kapitel 3.5.4.2.1 zusammengefasst.

Man unterscheidet in

- f_c : gesamte Emission an organischen Substanzen angegeben in $\text{g Organisch-C/kg Textilhilfsmittel}$
- f_s : stoffspezifischer Emissionsfaktor angegeben in $\text{g spezifische Substanz/kg Textilhilfsmittel}$ (bei bestimmten anorganischen Stoffen wie Ammoniak oder Chlorwasserstoff und Substanzen mit gefährlicheren oder krebserregenden Eigenschaften)

Der Substanzemissionsfaktor muss als Produktinformation (zusätzliche Information zum Sicherheitsdatenblatt) vom Lieferanten (Chemische Industrie) zum Verarbeiter (Textilveredlungsindustrie) weitergegeben werden. Alle Substanzen nach Klasse I, 3.1.7 TA-Luft, die 500 ppm im Textilhilfsmittel überschreiten, müssen deklariert werden. Substanzen der Klasse 2.3 TA-Luft (krebserregende Stoffe) die zu mehr als 10 ppm im Hilfsmittel enthalten sind, müssen ebenfalls deklariert werden [TA-Luft, 1986]. Die Substanzemissionsfaktoren werden entweder messtechnisch ermittelt oder berechnet [TEGEWA, 1994]. In mehr als 90% der Fälle verhalten sich die Substanzemissionsfaktoren der Einzelsubstanzen additiv.

Warenbezogene Emissionsfaktoren

Der warenbezogene Emissionsfaktor wird definiert als die Menge an organischen und anorganischen Substanzen in Gramm, die bei einem Veredlungsprozess unter definierten Prozessbedingungen von einem kg Textilmaterial emittiert werden können:

- WF_c : $\text{g Organisch-C/kg Textil}$
- WF_s : $\text{g spezifische Substanz/kg Textil}$ (bei bestimmten anorganischen Stoffen wie Ammoniak oder Chlorwasserstoff und Substanzen mit gefährlicheren oder krebserregenden Eigenschaften)

Das Emissionspotenzial von Ausrüstungsrezepturen kann auf der Basis von Substanzemissionsfaktoren, der Konzentration der in der Ausrüstungsflotte eingesetzten Hilfsmittel und der Flottenaufnahme berechnet werden. Beispiele zur Berechnung des warenbezogenen Emissionsfaktors von Appreturrezepturen sind unter Punkt 3.5.4.1.1 aufgeführt.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das Konzept kann als selbstlernendes, integriertes System, über das die Abluftemissionen in der Textilveredlung kontrolliert und verringert werden kann, charakterisiert werden. Mit dem Konzept ist es möglich, bereits bei der Produkt- und Verfahrensentwicklung die Emissionsrelevanz von Produkten/Verfahren zu beurteilen. Das Emissionsfaktorenkonzept ermöglicht

- die Vergleichbarkeit der Emissionsrelevanz von Textilhilfsmitteln
- die Vergleichbarkeit der Emissionsrelevanz von Prozessen
- das Erkennen und den Austausch von besonders emissionsrelevanten Rezepturen
- die Vorausberechnung der Emissionsrelevanz der Rezepturen
- die Identifikation der Emissions-Hauptquellen und damit das Setzen der richtigen Prioritäten
- die Reduzierung des Luft/Warenverhältnisses (m^3 Luftdurchsatz/kg Textil) und damit die Einsparung von Energie

Als Ergebnis dieses Konzeptes können die folgenden Grenzwerte in der Textilveredlung erreicht werden:

- 0,8 g Organisch-C/kg Textil (für Substanzen nach Klasse II und III, 3.1.7 TA-Luft), wenn der Massenstrom gleich oder höher als 0,8 kg C/h liegt
- 0,4 g Substanz/kg Textil (für Substanzen nach Klasse I, 3.1.7 TA-Luft (Formaldehyd, Essigsäure etc.)), wenn der Massenstrom gleich oder höher als 0,1 kg C/h liegt
- weitere Grenzwerte für krebserregende und anorganische Substanzen.

Anwendbarkeit

Das Konzept wird in Deutschland angewandt. Es ist für Textilveredlungsanlagen zum Thermofixieren, Thermosolieren, Imprägnieren und Ausrüsten geeignet. Bei Beschichtungen und technischen Textilien stößt das Emissionsfaktorenkonzept zum Teil an seine Grenzen.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte treten nicht auf.

Referenzanlagen

Für fast alle marktgängigen Textilhilfsmittel sind Emissionsfaktoren verfügbar. Ca. 10% wurden mittels Messungen bestimmt, 90% wurden mit Hilfe des TEGEWA-Systems berechnet.

Betriebsdaten

In Deutschland müssen Textilveredlungsbetriebe ihre Rezepturen hinsichtlich des Emissionsfaktorenkonzeptes mindestens einmal pro Jahr überprüfen.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Personalkosten für die Berechnung der Ausrüstungsrezepturen nach dem Emissionsfaktorenkonzept sind vernachlässigbar. Es treten keine weiteren Kosten für den Veredler auf. Kosteneinsparungen durch die Substitution von Textilhilfsmitteln sind möglich. Auf die Installation einer Abgasreinigungsanlage kann durch die Einführung des Emissionsfaktorenkonzept zum Teil verzichtet werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Möglichkeit, die Emissionsrelevanz von Rezepturen im Voraus zu berechnen und damit auch die sichere Einhaltung von Grenzwerten zu gewährleisten, ist der Hauptgrund für die Anwendung des Emissionsfaktorenkonzeptes.

Literatur:

[Bayern, 1994]

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Anlage 1 zum UMS Nr. 8102-775-61749 vom 08.11.94

[LAI, 1997]

Bausteine für Regelungen bei Textilveredelungsanlagen, Hrsg. Länderausschuss für Immissionschutz, Erich-Schmidt Verlag, LAI-Schriftenreihe 17 (1997)

[Schmidt, 1995]

Schmidt, G.; Reinert, F.; Reichert, J.
Regulations on exhaust air emissions in textil finishing
Melliand Textilberichte - offprint 10/1995

[TA-Luft, 1986]

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) (1986)

[TEGEWA 1994]

N.N.
TEGEWA Leitfaden zur Berechnung von Emissionsfaktoren (1994)

4.2.1.1.3 Emissionsarme (thermostabile) Präparationsmittel

Beschreibung

Zur Herstellung und Weiterverarbeitung von Synthesefasern werden auf die Fasern und Garne Präparationsmittel appliziert (siehe auch Anhang I). In den Vorbehandlungsschritten der Textilveredlung, (Thermofixieren und Wäsche) belasten die Präparationen sowohl die Abluft wie auch das Abwasser. Herkömmliche Präparationsmittel basieren im Wesentlichen auf Mineralölen mit ihren wohl bekannten Nachteilen hinsichtlich hoher Auflagen, niedriger Temperaturstabilität, geringer biologischer Abbaubarkeit und der Gefahr der Blähschlamm Bildung in der biologischen Abwasserbehandlung.

Alternativen für die herkömmlichen Präparationsmittel auf Mineralölbasis sind emissionsarme (thermostabile) Präparationen mit folgender chemischer Struktur:

- Polyester-/Polyethercarbonate
- spezielle Polyolester
- sterisch gehinderte Fettsäureester

Präparationsmittel werden als thermostabil bezeichnet, wenn sie bei der für die jeweilige Anwendung benötigten Auflage unter Thermofixierbedingungen an einem Spannrahmen (190 °C, 1,5 min) mit nur maximal 0,8 g Organisch-C/kg Textil zur Abluftbelastung beitragen [Bayern, 2001].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Bei Verwendung von thermostabilen Präparationsmitteln kann die durch die textile Rohware hervorgerufene Abluftbelastung deutlich vermindert werden (siehe Tabelle 4.6).

Präparationsmittel	Emissionsfaktor (ca.) [g C/kg Textil]	Konzentration (ca.) [mg C/m³]
herkömmliche Produkte		
Mineralöle	10 - 16	500 – 800
klassische Fettsäureester	2 - 5	100 – 250
optimierte Produkte		
sterisch gehinderte Fettsäureester	1 – 2	50 – 100
Polyolester	0,4 – 4	20 – 200
Polyester-/Polyetherpolycarbonate	0,2 - 1	10 – 50

Tabelle 4.6: Emissionsfaktoren und Organisch-C Konzentrationen in der Abluft (Präparationsauflage: 2%; Luft/Warenverhältnis: 20 m³/kg; Fixiertemperatur: 190 °C; Verweilzeit: 1,5 min)

Beim Einsatz thermostabiler Präparationen verringert sich auch die Geruchsbelästigung bei Rohfixierprozessen. Thermostabile Präparationen weisen zudem in der Regel eine bessere biologische Abbaubarkeit/Bioeliminierbarkeit auf.

Anwendbarkeit

Emissionsarme Präparationen können auf PES, PA 6.6, PA 6, CV und Baumwolle, Wolle und ihre Mischungen mit PES oder CV appliziert werden. Um die bei der Herstellung und Verarbeitung der Fasern und Garne notwendigen textiltechnologischen Eigenschaften zu gewährleisten, sollten ausreichende Tests mit den thermostabilen Präparationen erfolgen.

Cross media-Effekte

Thermostabile Präparationen gelangen zu einem größeren Teil als herkömmliche Präparationsmittel in das Abwasser. In der Regel liegt jedoch eine gute Bioeliminierbarkeit bei den thermostabilen Typen vor.

Referenzanlagen

Auswahl an Lieferanten

Agatex Feinchemie GmbH
A-4650 Lambach/Edt

BENJ^N Vickers & Sons LTD
GB-Leeds LS6 2EA

Chemische Fabrik Stockhausen GmbH
D-47705 Krefeld

Clariant GmbH
D-65926 Frankfurt am Main

Cognis Deutschland GmbH
D-40551 Düsseldorf

Dr. Th. Böhme KG
D-82538 Geretsried

GEMSAN
TR-34550 Halkali-Istanbul, Türkei

Goulston Technologies, Inc.
USA-Monroe, NC 28110

Hansa Textilchemie GmbH
D-28872 Oyten

Schill & Seilacher GmbH & Co.
D-71009 Böblingen

Zschimmer & Schwarz GmbH & Co
D-56112 Lahnstein

Auswahl an Faser/Garnherstellern:

Inquitex S. A.
E-08006 Barcelona

Nurel S. A.
E-08007 Barcelona

Nylstar GmbH
D-24531 Neumünster

Nylstar CD Italy
I-20031 Cesano Maderno (MI)

Textilwerke Deggendorf GmbH
D-94459 Deggendorf

Trevira GmbH & Co KG
D-60528 Frankfurt am Main

Unifi Textured Yarns Europe LTD.
Co. Donegal
IRL-Letterkenny

Betriebsdaten

Garnhersteller

- Um Korrosion zu vermeiden, müssen einige Maschinenkomponenten aus Edelstahl gefertigt werden.
- Insbesondere im Falle von Polyester-/Polyethercarbonat-Präparationen muss aufgrund von Kompatibilitätsproblemen mit herkömmlichen, hydrophoben Präparationen eine gründliche Reinigung der Anlagen stattfinden.

Flächengebildehersteller

- Aufgrund von Kompatibilitätsproblemen müssen die Anlagen sorgfältig gereinigt werden (insbesondere im Falle von Polyester-/Polyethercarbonat-Präparationen).

Veredlungsbetrieb

- Prozesse in der Vorbehandlung müssen den thermostabilen Präparationen angepasst werden. Teilweise können Waschschrte in der Vorbehandlung entfallen oder vereinfacht werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die folgenden wirtschaftlichen Aspekte, die alle Partner der textilen Kette betreffen, müssen bedacht werden:

Garnhersteller

- Emissionsarme Präparationen sind teurer als herkömmliche Systeme. Die höheren Kosten können allerdings durch geringere Auflagemengen kompensiert werden.

Veredlungsbetrieb

- Der mögliche Verzicht auf Abgasreinigungsanlagen, eine vereinfachte Abwasserbehandlung und das Vermeiden von ölkontaminierten Abfällen reduzieren Investitions-, Betriebs- und Abfallkosten.
- Kosteneinsparungen aufgrund der Tatsache, dass teilweise Waschschrte vereinfacht werden können und eine erhöhte Prozesssicherheit sind zu erwarten.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Minimierung der Abluftbelastung durch Präparationsmittel und die Einhaltung nationaler Vorschriften bezüglich der Abluftemissionen sind die Hauptgründe für einen Einsatz thermostabiler Präparationen.

Literatur

[Bavaria, 2001]

Fischer, R.

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

Schriftliche Information zum workshop "Textilveredlung" und TEGEWA (09.01.01)

[Dohrn, 1996]

Dohrn, W.; Winck, K.; Singendonk, O.; Ulmer, H.; Pölzl, W.

Neues Präparationssystem für PES-Filamente im Wirkwarenereich

Melliand Textilberichte 77 (1996) 770

[Dohrn, 1998]

Dohrn, W.; Winck, K.

Neue emissionsarme, biologisch abbaubare Spinnpräparationen, Spulöle und Avivagen

Melliand Textilberichte 79 (1998) 130

[Dohrn, 1999]

Dohrn, W.

Praxiserfahrungen beim Einsatz umweltfreundlicher Präparationen

Melliand Textilberichte 80 (1999) 723

[EnviroTex, 1996a]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionsbeitrag von Präparationen

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1996)

[EnviroTex, 1996b]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Wirk/Maschenwarenprojekt

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1996)

[EnviroTex, 1997]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Einsatzmöglichkeiten thermostabiler Präparationen

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München (1997)

[LfU, 2000]

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, D-Augsburg

Einsatz von thermostabilen Präparationen bei der Textilherstellung

Workshop, D-Augsburg (2000)

[Möbius, 2000]

Möbius, S.; Tiedemann, K.

Thermostabile Avivage für den Doppeldraht-Zwirnprozess

Melliand Textilberichte 81 (2000) 815

4.2.1.1.4 Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichtemitteln

Beschreibung

Der Anteil an der CSB-Fracht von Schlichtemitteln im Abwasser von Gewebeveredlern beträgt 30-70%. Schlichtemittel werden auf das Kettgarn vor dem Webprozess aufgebracht, um das Garn im Hinblick auf die hohe mechanische Beanspruchung während des Webprozesses zu schützen. Für die nachfolgenden Veredlungsschritte stören die Schlichtemittel und müssen vollständig entfernt werden. Diese Entfernung von Schlichtemitteln ist Teil der textilen Vorbehandlung und wird als Entschlichtung bezeichnet. Die Menge an aufzubringenden Schlichtemitteln kann durch das Vornetzen der Kettgarne minimiert werden (siehe 4.2.1.1.6). Außerdem kann die Schlichtemittelaufgabe durch gezielte Auswahl von effizienteren Schlichtemitteln (in der Regel synthetische Polymere) minimiert werden. Im Falle von vollstufigen Betrieben können die Schlichtemittel mittels Ultrafiltration recycelt werden (siehe 4.2.1.2.2). In den meisten Fällen allerdings werden die Entschlichtungsflotten mit dem Abwasser abgeleitet, das anschließend behandelt werden muss. Dies erfolgt in der Regel in biologischen Belebtschlammanlagen. Deshalb sollten die Schlichtemittel biologisch abbaubar sein, mindestens jedoch adsorbierbar an den Belebtschlamm. Entwicklungen in der Schweiz haben eindrucksvoll gezeigt, dass verschiedenen Kombinationen unterschiedlicher Schlichtemittel verfügbar sind, die für alle verschiedenen Substrate, Gewebearten und Webtechniken anwendbar sind. Es gibt sieben Schlichtemittelkombinationen, die sowohl die anwendungstechnischen Eigenschaften als auch die Anforderungen an die biologische Abbaubarkeit und Eliminierbarkeit erfüllen. Abbildung 4.7 zeigt die Bioeliminationskurven für diese sieben Kombinationen, die aus modifizierter Stärke, bestimmten Polyacrylaten (die nicht biologisch abbaubar, aber an den Belebtschlamm adsorbierbar sind), Polyvinylalkoholen und bestimmten Galaktomannanen bestehen.

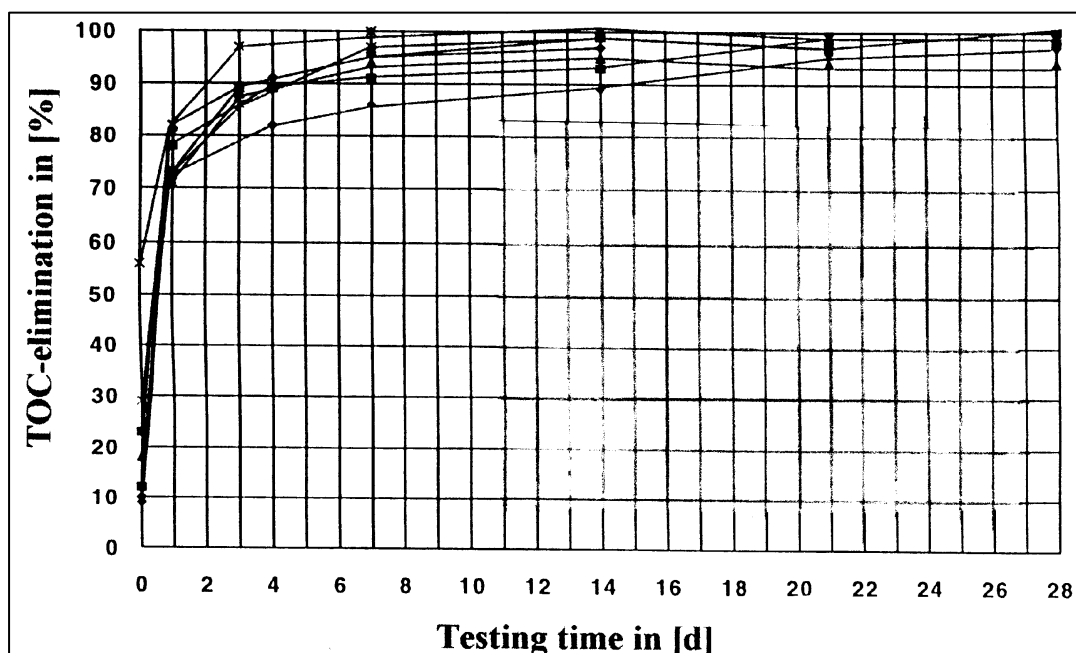


Abbildung 4.7: Kurven für die biologische Eliminierbarkeit im modifizierten Zahn-Wellens-Test (EN 29888) von sieben Schlichtemittelrezepturen, die nach 14 Tagen einen Eliminationsgrad von mehr als 80% aufweisen - [Keller, 1992]; Testing time = Testdauer

Die Testmethode zur Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit/Eliminierbarkeit ist der modifizierte Zahn-Wellens-Test (EN 29888). Die Ergebnisse (Eliminationsraten nach 14 Tagen) können auf real-existierende Belebtschlammanlagen übertragen werden.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Anwendung von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichtemitteln führt zu einem deutlichen Rückgang der CSB-Fracht im biologisch behandelten Abwasser, das in natürliche Gewässer eingeleitet wird.

Anwendbarkeit

Die beschriebenen Schlichtemittelkombinationen sind sowohl in bestehenden als auch in neuen Betrieben anwendbar. Sie decken fast alle verschiedenen Textilsubstrate, Gewebearten und Webtechniken ab.

Cross-media Effekte

Der erhöhte Bioabbau/Bioelimination und Adsorption an den Belebtschlamm führt zu einer Erhöhung der zu entsorgenden Schlammmenge. In vielen Fällen wird der Schlamm auf Deponien nach dem Stand der Technik (dichte Basisabdichtung, Sickerwasserbehandlung etc.) abgelagert, aber auch zunehmend in Verbrennungsanlagen nach dem Stand der Technik verbrannt. Im Falle eines biologischen Abbaus bei niedriger Schlammbelastung werden die Verbindungen zu Kohlendioxid, Nitrat (im Falle von stickstoffhaltigen Schlichtemitteln), Wasser und Biomasse (Schlamm) umgesetzt. Die Entsorgung des Schlammes verursacht dann weniger Probleme als wenn nicht oder nur schwer abbaubare Schlichtemittel zum Einsatz kommen.

Referenzanlagen

Alle der etwa 20 Webereien in der Schweiz setzen eine oder mehrere dieser biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichtemittelkombinationen ein. Auch viele Webereien in Deutschland und Europa wenden sie erfolgreich an.

Betriebsdaten

Die beschriebenen Schlichtemittelkombinationen erfüllen alle anwendungstechnischen Anforderungen wie Webnutzeffekt, niedrige Staubentwicklung, Anwendbarkeit für schnelllaufende Webmaschinen etc.. Bezüglich Polyvinylalkohol muss betont werden, dass für seinen biologischen Abbau in Belebtschlammanlagen bestimmte Systembedingungen wie Adaptation, Temperaturen von mehr als 15°C und eine niedrige Schlammbelastung (siehe 4.2.2.2.1) gegeben sein müssen.

Wirtschaftliche Aspekte

In den meisten Fällen sind biologisch abbaubare/eliminierbare Schlichtemittelkombinationen nicht teurer als solche, die die hohen Eliminationsraten nicht erreichen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Für die Entwicklung und Einführung der beschriebenen Schlichtemittel war und ist die erforderliche Minimierung der in Gewässer eingeleiteten CSB-Frachten und das zunehmende Bewusstsein für Umweltprobleme maßgebend.

Literatur

[Keller, 1992]

Tobler, H.P.; Baumann, U.; Bosshart, U; Keller, W.

Die Entwicklung umweltfreundlicher Schlichtemittel

Textilveredlung 27 (1992) 238-241

4.2.1.1.5 Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch Auswahl effektiverer Produkte

Beschreibung

Durch das Beschlichten der Kettgarne wird der Webprozess hinsichtlich einer geringeren Anzahl an Kettfädenbrüchen und Webmaschinen-Stillständen optimiert; der Webnutzeffekt wird gesteigert. Entschlichtungsflotten können zu einem Großteil der CSB-Last im Abwasser von Textilveredlungsbetrieben beitragen (30 bis 70% der CSB-Lastung können durch das Entschlichten verursacht werden). Zur Minimierung der Abwasserbelastung durch Schlichtemittel sollten zunächst die folgenden integrierten Maßnahmen angegangen werden:

- Reduzierung des Schlichteauftrags durch Mess- und Regelungstechniken (z.B. on-line Messung/Regelung des Schlichteauftrags (Beschlichtungsgrades) während des Schlichtens)
- Einsatz der Vornetz-Technologie (siehe 4.2.1.1.6)
- Verwendung von Kompaktspinn Garnen (siehe 4.2.1.1.12), hochgedrehten Garnen, Zwirnen oder Intermingling-Garnen (verwirbelten Garnen). Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass diese Garn Typen andere textiltechnologische Eigenschaften mit sich bringen und sich das Erscheinungsbild des Textils bei Verwendung dieser Garne ändert.
- weitere integrierte Maßnahmen in der vorgelagerten textilen Kette (z.B. Weitergabe von Informationen über Art und Menge der verwendeten Schlichtemittel)

Ökologisch optimierte Schlichtemittel müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- hohe Effizienz bei geringer Auflage (geringem Beschlichtungsgrad)
- vollständige und leichte Entfernung vom Gewebe (möglichst geringer Energie- und Wasserverbrauch beim Entschlichten, wenig Nacharbeiten und wenig Ausschuss durch unzureichendes Entschlichten)
- gute biologische Abbaubarkeit/Eliminierbarkeit

Durch eine gezielte Auswahl von Schlichterezepturen und den Einsatz hocheffizienter synthetischer Schlichten anstelle von natürlicher Stärke kann insbesondere bei Spinnfasergarnen der Beschlichtungsgrad und damit die CSB-Lastung beim Entschlichten reduziert werden, ohne den Webnutzeffekt negativ zu beeinflussen. In einigen Fällen kann sogar eine Steigerung des Webnutzeffektes erreicht werden.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Eine signifikante Reduktion der CSB-Lastung aus der Entschlichtung kann erreicht werden (siehe Beispiel in Tabelle 4.7):

	Herkömmliches Rezept (modif. Stärke, Wachs)	Alternatives Rezept (modif. Stärke, Acrylate, Wachs)
Schlichteaufgabe	13%	10%
Spezif. CSB	17.800 g O ₂ /100 kg Kettgarn	11.550 g O ₂ /100 kg Kettgarn
Gesamt-CSB/a	713 t	462 t
Reduktion der CSB-Fracht		35%

Tabelle 4.7: Verringerung der CSB-Fracht nach Änderung des Schlichterezeptes (Jahresproduktion von 4.000 t Kettgarn zugrunde gelegt) [Steidel, 1998]

Anwendbarkeit

Optimierte Rezepturen können in den Schlichtereien aller Webereien angewandt werden. Nicht vertikal integrierte Textilveredlungsbetriebe (insbesondere Lohnveredlungsbetriebe) können allerdings nur beschränkt auf die vorgelagerten Prozessstufen Einfluss nehmen.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte werden nicht beobachtet. Wenn alternative Schlichterezepturen eingesetzt werden, sollte die biologische Eliminierbarkeit der Schlichtemittel mehr als 80% nach 7 Tagen, OECD 302B, betragen.

Referenzanlagen

Ökologisch optimierte Schlichtemittel werden weltweit in Webereien eingesetzt. Sie werden von verschiedenen Herstellern angeboten.

Betriebsdaten

Ein universelles Schlichterezept auf Basis synthetischer Schlichtemittel für Spinnfasergarne (Luftdüsen-Webmaschine 650 Umdrehungen/min) ist unten angeführt:

- Modif. PVA: 7 kg
- Acrylat (flüssig; 25%): 7 kg
- Wachs: 0,4 kg
- Wasser: x kg
- Schlichteflotte gesamt: 100 l

- Beschlichtungsgrad: 10%
- Quetschdruck: 20 kN
- Schlichtgeschwindigkeit: 100 m/min

Wirtschaftliche Aspekte

In Webereien werden die höheren Kosten für hocheffiziente, synthetische Schlichten durch Kosteneinsparung aufgrund eines höheren Webnutzeffektes überkompensiert (siehe Beispiel in Tabelle 4.8):

	Herkömmliches Rezept (modif. Stärke, Wachs)	Alternatives Rezept (Acrylate, modif. PVA, Wachs)
Kosten für Schlichtemittel	260.850 €	325.850 €
Kettgarnbrüche	5,8 Garnbrüche/10 ⁵ Schuss	3,0 Garnbrüche/10 ⁵ Schuss
Einsparungen aufgrund reduzierter Garnbrüche	-	225.000 €
Gesamte Einsparungen	-	160.000 €

Tabelle 4.8: Einsparungen pro Jahr in einer typischen Weberei (100 Webmaschinen, 310 Umdrehungen/min; 8000h/a) [Steidel, 1998]

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen sind der Grund für die Substitution konventioneller Schlichterezepturen in den Webereien. In der Veredlung stehen die Reduzierung der CSB-Fracht und Energie- und Wassereinsparungen bei der Entschlichtung im Vordergrund.

Literaturnachweis

[Steidel, 1998]

Steidel, V.

Polyacrylatschlichten – Fokussierte Rezeptgestaltung im Stapelfaserbereich

13. Int. Symposium über das Schlichten, 16./17. Juni 1998, D-Denkendorf (1998)

4.2.1.1.6 Minimierung der Schlichteauflage durch das Vornetzen der Kettgarne

Beschreibung

Beim Vornetzen wird das Kettgarn vor dem Schlichten durch ein heißes Wasserbad geführt. Das Kettgarn wird in das heiße Wasser eingetaucht, ein zusätzliches Aufsprühen von heißem Wasser ist möglich. Abquetschwalzen verhindern einen Eintrag des Wassers in den nachfolgenden Schlichtetrog. Auch Systeme mit zwei Waschbädern und zwei Tauch- und Abquetschschritten werden eingesetzt. Das Prinzip von Vornetzanlagen ist in Abbildung 4.8 dargestellt.

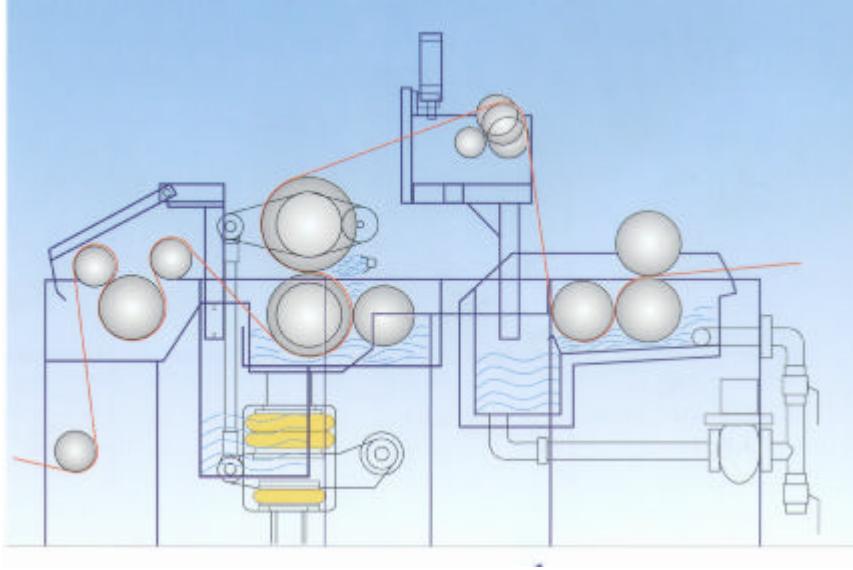


Abbildung 4.8: Kombination von Vornetz- und Schlichtetrog [Benninger, 2000]

Das Ergebnis des Vornetzens ist ein homogenerer Schlichteeffekt (es wird ein geringerer Gehalt an „Kern-Beschlichtung“ vermutet) und eine erhöhte Klebkraft der Schlichte zum Kettgarn. Dadurch kann der Beschlichtungsgrad, ohne dass der Webnutzeffekt negativ beeinflusst wird (in einigen Fällen konnte sogar eine Erhöhung des Webnutzeffektes festgestellt werden) deutlich gesenkt werden.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Beschlichtungsgrad, d. h. die Schlichteauflage, kann durch das Vornetzen signifikant reduziert werden. Damit wird die Abwasserlast aus der Entschlichtung (50 – 70 % der CSB-Last von Textilveredlungsbetrieben können aus der Entschlichtung stammen) signifikant gesenkt. In Abhängigkeit der Ketteinstellung und des Garnmaterials kann eine Reduzierung der Schlichteauflage um 20 bis 50% erreicht werden.

Anwendbarkeit

Das Vornetzen ist in der Praxis mit allen Baumwollgarnen und Mischungen von Baumwolle/PES und Viskose geprüft worden. Die besten Resultate wurden mit mittleren bis groben Garntiern erhalten. Die Anwendbarkeit ist sowohl für Ringspinngarne wie auch für OE-Garne gegeben. Eine eingeschränkte Anwendbarkeit zeigt sich bei buntgefärbten Garnen. Bestehende Schlichtmaschinen mit zwei Schlichtetrögen können umgebaut werden, indem der erste Trog für das Vornetzen verwendet wird. In diesem Fall erhöht sich die Kettgarndichte.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte werden nicht erwartet.

Referenzanlagen

Weltweit wurden ca. 100 Vornetztröge von der Benninger Zell GmbH, D-Zell verkauft.

Ca. 60 Vornetztröge der Deutschen Babcock Moenus Textilmaschinen AG, D-Mönchengladbach laufen in 40 Betrieben. Ein weiterer Anbieter für Vornetztröge ist die Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH in D- Obertshausen.

Wirtschaftliche Aspekte

Die zusätzlichen Investitionskosten für ein Schlichteaggregat mit Vornetztrög betragen ca. 25.000 – 75.000 EURO. Die Betriebskosten beim Vornetzen durch den zusätzlichen Heißwasserverbrauch liegen nur geringfügig höher im Vergleich zur konventionellen Technik. Ein direkter Vergleich (Betriebsdaten einer italienischen Weberei) zeigt eine Kostenersparnis von insgesamt ca. 27%. Die Schlichtemaschinengeschwindigkeit konnte um ca. 22% erhöht werden, in der Weberei wurde eine Produktionssteigerung (Erhöhung des Webnutzeffektes) um ca. 0,2% beobachtet. Der Schlichtemittelverbrauch konnte um 51% reduziert werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die wesentlichen Gründe für die Einführung der Vornetztechnologie sind Kosteneinsparungen durch den verringerten Verbrauch an Schlichtemitteln, die Steigerung des Webnutzeffektes und die geringere CSB-Belastung des Abwassers aus der Entschlichtung.

Literatur

[Babcock, 2000]

Voswinckel, G.

23. Int. Textile Conference, Slovakia (30.05-01.06.2000) (2000)

[Benninger Zell, 2000]

Produktinformation über SaveSize und SaveSizecombi (2000)

[Benninger Zell, 2001]

Scherrer, A.

Schriftliche Information nach Rückfrage bzgl. IPPC-Techniken (2001)

[ITV, 1998]

Abele, H.; Guo, J.; Trauter, J.; Schäfer, T.; Stegmaier, T.; Wunderlich, W.

Highlights aus der Schlichtereiforschung des ITV Denkendorf

13. Int. Schlichterei-Symposium, Denkendorf (16./17.06.1998) (1998)

[Karl Mayer, 2001]

Keimig, M.

Schriftliche Information nach Rückfrage bzgl. IPPC-Techniken (2001)

[Scherrer, 2001]

Scherrer, A.

Schlichtemittel-Einsparungen und verbessertes Laufverhalten durch Vornetzen

Melliand Textilberichte 82 (2001) 47-48

4.2.1.1.7 Umweltfreundliche Tenside

Beschreibung

Tenside (polare organische Verbindungen mit mindestens einem hydrophoben Teil und mindestens einer hydrophilen Gruppe) sind in der Textilveredlungsindustrie weit verbreitet. Alle Typen von Tensiden (anionische, nichtionische, kationische und amphotere) werden eingesetzt. Dominant sind die anionischen und nichtionischen Typen. In der Textilindustrie dienen die Tenside hauptsächlich als Waschmittel, Netzmittel, Entlüftungsmittel, Egalisierungsmittel, Dispergatoren, Weichmacher, Emulgatoren, Walkhilfsmittel sowie als Fixierbeschleuniger beim Kontinuierfärben und Textildruck. Die Tenside können die eigentliche Aktivkomponente eines Textilhilfsmittels darstellen oder nur als Additiv im Textilhilfsmittel, Farbmittel, in Druckpasten und Beschichtungspasten eingesetzt werden (Bsp.: Dispergiermittel in Farbmitteln, Emulgatoren in Präparationen).

Die folgenden chemischen Verbindungen werden hauptsächlich eingesetzt:

Anionische Tenside:

Alkylsulfate, Alkylethersulfate, Alkylsulfonate, Alkylarylsulfonate, Fettsäurekondensationsprodukte, Alkalisalze von Fettsäuren (Seifen), Ligninsulfonate, Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukte.

Nichtionische Tenside:

Hydrophiler Teil: Polyethylenoxide oder Polypropylenoxide; hydrophober Teil: Fettalkohole, Fettamine, Fettsäureamide, Fettsäuren, Alkylphenol, Alkyl-naphthol.

Kationische Tenside:

Derivate quaternärer Ammoniumsalze.

Amphotere Tenside (sehr selten):

Betain-Derivate.

Aufgrund ihrer Oberflächenaktivität muss die aquatische Toxizität der Tenside beachtet werden. Die Fischtoxizität kann für verschiedene Tensidtypen in einem weiten Bereich variieren. Für nichtionogene Tenside nimmt die Fischtoxizität mit steigendem Ethylenoxidanteil ab, gleichzeitig nimmt auch die biologische Abbaubarkeit ab [Schöberl, 1988; Stache 1990]. Kationische Tenside besitzen die höchste Fischtoxizität im Vergleich zu den anderen Tensidklassen.

Die biologische Abbaubarkeit hängt auch sehr stark von der chemischen Struktur des Tensids ab. Für nichtionogene Tenside sind Kettenlänge und Anzahl der Seitenketten entscheidend.

Ethylenoxid/Propylenoxid-Addukte (EO/PO's), die in Präparationsmitteln eingesetzt werden, sind biologisch nur schwer eliminierbar. Weitere Produkte mit geringer Bioeliminierbarkeit sind Ligninsulfonate und Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukte (Dispergiermittel in Farbstoffen, Egalisierungsmittel und Nachbehandlungsmittel zur Echtheitsverbesserung) und in den meisten Fällen Fettaminethoxylate (hauptsächlich in Egalisierungsmitteln eingesetzt).

Die Ethoxykette in Alkylphenolethoxylaten (APEO's) ist biologisch gut abbaubar, jedoch zeigt Nonylphenol, als Primärabbauprodukt nur eine sehr geringe biologische Abbaubarkeit sowie eine hohe Fisch- und Reproduktionstoxizität [Schäfer, 1996]. Daher hat die TEGEWA (Deutscher Verband der Textilhilfsmittelhersteller) und andere deutsche Verbände 1986 einen freiwilligen Verzicht auf APEO's in Wasch- und Reinigungsmitteln erklärt [TEGEWA, 1986].

Die folgenden Punkte sollten bei der Auswahl von Tensiden beachtet werden:

- kein Einsatz APEO-haltiger Produkte (mit Ausnahme von APEO-haltigen Beschichtungspasten, die nicht ins Abwasser gelangen).

- Einsatz gut biologisch abbaubarer Tenside (OECD 301A-F Test: pass level > 60 bzw. 70%; OECD 303 A: DOC oder CSB Abbau > 80%; mod. Zahn-Wellens Test: DOC-Eliminierung > 80% in 7 Tagen), wenn die Effizienz der Produkte vergleichbar ist zu herkömmlichen Produkten. Zur Auswahl der Produkte kann das ARS-Klassifikationsschema hilfreich sein (siehe 4.2.1.1.1)
- Die aquatische Toxizität der Produkte und mögliche kritische Nebenprodukte (z.B. Ethylenoxid, Dioxan) sollten beachtet werden

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die biologische Abbaubarkeit der Abwasserinhaltsstoffe wird erhöht, gewässertoxische Inhaltsstoffe werden vermieden

Anwendbarkeit

Es gibt sehr viele Anwendungsgebiete für Tenside in der Textilveredlung. Rezepturen und Applikationstechniken sind prozessspezifisch. Es gibt keinen generellen Unterschied bei der Anwendung ökologisch optimierter Produkte. Beim Austausch von herkömmlichen Tensiden gegen umweltfreundlichere Produkte muss auf die Prozesssicherheit und mögliche Unterschiede in der Effizienz der Produkte geachtet werden. Die Einflussnahme der Textilveredlungsindustrie bei der Auswahl von Tensiden, die nur als Additive in Textilhilfsmitteln und Farbstoffen eingesetzt werden, ist gering; eine Deklaration in den Sicherheitsdatenblättern nicht immer notwendig.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte treten nicht auf.

Referenzanlagen

Ökologisch optimierte Tenside werden in verschiedenen deutschen Textilveredlungsbetrieben und weltweit eingesetzt. APEO-freie Tenside und Tenside mit einer hohen biologischen Abbaubarkeit werden von vielen Herstellern in Deutschland und auch weltweit angeboten.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Kosten für ökologisch optimierte Produkte entsprechen denen der herkömmlichen. Zum Teil sind jedoch höhere Einsatzmengen erforderlich.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Hauptgründe für den Einsatz umweltfreundlicherer Tenside sind eine Verbesserung der betrieblichen Umwelterleistung sowie rechtliche Vorgaben.

Literatur

[Schäfer, 1996]

Schäfer, W.R.; Zahradnik, H.P.; Frijus-Plessen, N.; Schneider, K.
 Anthropogene Substanzen mit unerwünschter Östrogenwirkung
 Umweltmedizin 1 (1996) 35-42

[Schöberl, 1988]

Schöberl, P.; Bock, K.J.; Huber, L.
 Ökologisch relevante Daten von Tensiden in Wasch- und Reinigungsmitteln
 Tenside Detergents, Sonderdruck (1988) 86-107

[Stache, 1990]

Stache, H.; Kosswig, K. (Hrsg.)
 Tensid-Taschenbuch
 Carl Hanser Verlag, München (1990)

[TEGEWA, 1986]

Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoffindustrie und andere deutsche Verbände

Freiwillige Verzichtserklärung auf Alkylphenolethoxylate (APEO)

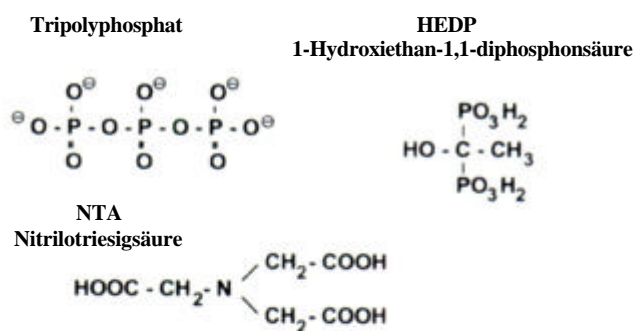
D-Frankfurt/Main (1986)

4.2.1.1.8 Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplexbildnern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse

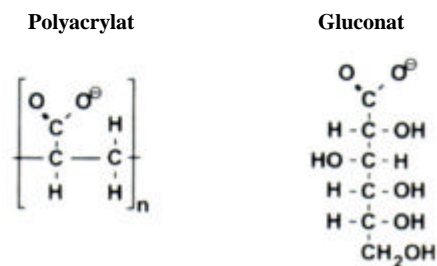
Beschreibung

Komplexbildner werden zur Maskierung härtebildender Erdalkali-Kationen und Übergangsmetallionen in wässrigen Lösungen eingesetzt, um deren schädigende Wirkung (z. B. Katalyschäden bei der Peroxidbleiche), insbesondere in Vorbehandlungsprozessen, auszuschalten.

Die Chemie herkömmlicher Komplexbildner basiert auf Polyphosphaten (z. B. Tripolyphosphate), Phosphonaten (z. B. 1-Hydroxiethan-1,1-diphosphonsäure) und Aminocarbonsäuren (EDTA, DTPA, und NTA). Sie alle enthalten Stickstoff und Phosphor in ihrer chemischen Struktur. Im Hinblick auf Grenzwerte bzgl. Gesamt-N und Gesamt-P im Abwasser sind N- und P-freie Alternativen von Interesse. Polycarboxylate bzw. substituierte Polycarbonsäuren (insbesondere Polyacrylate und Polyacrylsäure-Maleinsäure-Copolymerisate), Hydroxycarbonsäuren (Gluconate, Citrate) und Zucker-Acrylsäurecopolymere werden eingesetzt (siehe Abbildung 4.9). Die Hydroxycarbonsäuren und Zucker-Acrylsäurecopolymere haben den zusätzlichen Vorteil der guten biologischen Abbaubarkeit.



Struktur von N- oder P-haltigen Komplexbildnern



Struktur von N- und P-freien Komplexbildnern

Abbildung 4.9: Chemische Struktur von Komplexbildnern [Bachus, 1999]

Bei der Auswahl der jeweils bestmöglichen Komplexbildner (sowohl im technologischen wie auch wirtschaftlichen und ökologischen Sinne) muss auch die Effektivität (Kapazität zur Enthärtung und Peroxidstabilisierung, Dispergiervermögen) berücksichtigt werden.

Aus ökologischer Sicht müssen die folgenden Parameter beachtet werden:

- biologische Abbaubarkeit
- Bioelimination
- Remobilisierung von Schwermetallen
- Stickstoffgehalt (Eutrophierungspotenzial)
- Phosphorgehalt (Eutrophierungspotenzial).

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Eine qualitative Bewertung der ökologischen Eigenschaften von Komplexbildnern ist in Tabelle 4.9 dargestellt.

Ökologische Eigenschaften	Eigen-	EDTA, DTPA	NTA	Polyphosphate	Phosphonate	Poly-carboxylate	Hydroxy-carbonsäuren	Zucker-copolymere
Biol. abbaubar		nein	ja	anorganisch	nein	nein	ja	ja
Bioelimination		nein	-	-	ja [Nowack, 1997]	ja	-	-
N-Gehalt		ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
P-Gehalt		nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
Remobilisierung von Schwermetallen		ja	möglich	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 4.9: Qualitative ökologische Bewertung von verschiedenen Komplexbildnern [Bachus, 1999]

Daten zum biologischen Abbau bzw. zur Bioelimination für phosphor- und stickstofffreie Produkte sind den folgenden Beispielen zu entnehmen:

- Zucker-Acrylsäurecopolymer: gut biologisch abbaubar, Mineralisierung: 100% (OECD 301 F); CSB: 194 mg O₂/g; BSB₅ 40 mgO₂/g [CHT, 2000]
- Zucker-Acrylsäurecopolymer: gut biologisch abbaubar (OECD 301C); CSB: 149 mg O₂/g [Stockhausen, 2000]
- Hydroxycarbonsäuren: Eliminierung: 92% (OECD 302 B); CSB: 144 mg O₂/g; BSB₅ 51 mg O₂/g [CHT, 2000]
- Carboxylate: Eliminierung > 90% (OECD 302B); CSB: 280 mg O₂/g; BSB₅ 125 mg O₂/g [Petry, 1998]
- Modifizierte Polysaccharide: biologische Abbaubarkeit 80% (OECD 301E); CSB: 342 mg O₂/g; BSB₅ 134 mg O₂/g [Clariant, 2000]

Anwendbarkeit

Bei der Auswahl von Komplexbildnern muss deren unterschiedliche Effizienz berücksichtigt werden (siehe Tabelle 4.10):

Eigenschaften	EDTA, DTPA	NTA	Poly-phosphate	Phosphonate	Poly-carboxylate	Hydroxy-carbonsäure	Zucker-Copolymere
Enthärten	+	+	+	++	+	0	+
Dispergieren	-	-	0	0	+	-	+
Stabilisierung von Peroxiden	+	-	-	++	0	-	+ (spezielle Produkte)
Entmineralisierung	++	+	0	++	0	0	0

Tabelle 4.10: Effizienz von Komplexbildnern [Bachus, 1999] (Die Effizienz steigt in der Reihenfolge -, 0, +, ++)

Ökologisch optimierte Produkte können in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen eingesetzt werden.

Das Enthärten von Frischwasser sollte in der Textilveredlung generell mittels Ionenaustauschern erfolgen.

Cross media-Effekte

Generell sind keine Cross media-Effekte erwähnenswert, wenn N- und P-haltige Produkte substituiert werden. Bei polyacrylathaltigen Produkten sollte der Restmonomergehalt im Polymer beachtet werden.

Referenzanlagen

N- und P-freie Komplexbildner werden weltweit eingesetzt. Der Verbrauch für Polycarboxylate ist bedeutend höher als der Verbrauch von Zucker-Acrylcopolymeren und Hydroxycarbonsäuren.

Betriebsdaten

Es gibt die verschiedensten Applikationsfelder für Komplexbildner in der Textilveredlung. Rezepturen und Applikationstechniken sind prozessspezifisch. Es gibt keinen prinzipiellen Unterschied bei der Anwendung von ökologisch optimierten Produkten.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Kosten für N- oder P-freie Komplexbildner, insbesondere von Zucker-Acrylcopolymere, sind mit den Kosten anderer N- und P-freier Produkte vergleichbar. Jedoch müssen in einigen Fällen höhere Mengen eingesetzt werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Hauptgründe für den Einsatz von N- und P-freien Komplexbildnern ist das Einhalten von nationalen und regionalen Vorschriften bezüglich Gesamt-N und Gesamt-P.

Literatur

[Bachus, 1999]

Bachus, H.

Komplexbildner für den Markt von morgen

Melliand Textilberichte 80 (1999) 404-408

[CHT, 1999]

Chemische Fabrik Tübingen, D-Tübingen

Sicherheitsdatenblatt (1999)

[CHT, 2000]

Chemische Fabrik Tübingen, D-Tübingen

Produktinformation (1999)

[Ciba, 1999]

Ciba Speciality Chemicals

Produktinformation (1999)

[Clariant, 2001]

Clariant, D-Lörrach

Sicherheitsdatenblatt (2001)

[Stockhausen, 2000]

Stockhausen, D-Krefeld

Sicherheitsdatenblatt (2000)

[Novack, 1997]

Novack, B.

The behaviour of phosphonates in wastewater treatment plants in Switzerland

Water Research 32 (1998) 1271-1279

[Petry, 1998]
Dr. Petry, D-Reutlingen
Sicherheitsdatenblatt (1998)

4.2.1.1.9 Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination

Beschreibung

Dispersionsfarbstoffe sind nur wenig wasserlöslich. Um eine gleichmäßige Dispersion zu erhalten, die weder durch Temperatur noch durch Scherkräfte beeinträchtigt wird, sind in Dispersions-, Küpen- und Schwefelfarbstoffen Dispergiermittel enthalten. Meist werden Ligninsulfonate und Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukte eingesetzt. Die Dispergiermittel besitzen keine Affinität zur Faser und tragen zu einem beachtlichen Teil zur Abwasserbelastung in der Textilveredlung bei (mittlerer CSB: 1200 mg O₂/g (Ligninsulfonate), bzw. 650 mg O₂/g (Naphthalinsulfonsäure-Kondensationsprodukte)). Ligninsulfonate und Naphthalinsulfonsäure-Kondensationsprodukte sind refraktäre Stoffe: sie weisen eine geringe Bioeliminierbarkeit auf und tragen daher zum Rest-CSB im behandelten Abwasser bei.

Dispersionsfarbstoffe in Pulver- oder Granulatform enthalten 30 – 50% (in einigen Fällen bis zu 70%) Dispergiermittel; der Gehalt an Dispergiermitteln in Flüssigformulierungen liegt zwischen 10 – 30%. Bei der Färbung von dunklen Farbtönen werden in das Färbebad keine zusätzlichen Dispergatoren zugesetzt; bei hellen Farbtönen kann jedoch ein Zusatz notwendig werden. Über die Dispergatoranteile in Küpen- und Schwefelfarbstoffen liegen keine Informationen vor; es ist jedoch anzunehmen, dass ähnliche prozentuale Anteile, wie bei den Dispersionsfarbstoffen vorliegen.

Es gibt zwei Methoden die Bioeliminierbarkeit der Dispergiermittel zu erhöhen. Ein Ersatz der herkömmlichen Dispergatoren um bis zu 70% ist in den optimierten Farbmittelformulierungen möglich.

A)

Für Flüssigformulierungen werden Dispergatoren auf Basis von Fettsäureestern eingesetzt. Das Dispergiervermögen dieser Typen ist höher im Vergleich zu herkömmlichen Dispergatoren. Daher kann die Farbstoffkonzentration in den Flüssigformulierungen deutlich erhöht werden. Dies bedeutet, dass die Farbstärke um 100 – 200% steigt. Mit anderen Worten: der Dispergatoranteil in den Farbmittelformulierungen kann deutlich reduziert werden [Grütze, 2000].

B)

Für Pulver- und Granulatformulierungen können als Alternative zu den herkömmlichen Dispergatoren die Natriumsalze von aromatischen Carbon- und Sulfonsäuren eingesetzt werden [Kilburg, 1997]. Die Produkte, die auf modifizierten Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukten basieren, weisen eine höhere Bioeliminierbarkeit auf, sind jedoch nicht biologisch abbaubar.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

A)

In Abbautests nach Zahn-Wellens (OECD 302 B) können Eliminierungsraten zwischen 90 und 93% beobachtet werden. Ein Vergleich zwischen herkömmlichen und optimierten Farbstoffformulierungen (Mittelwerte hinsichtlich der gesamten Farbstoffpalette) ist in Abbildung 4.10 dargestellt (Unterschiede in der Farbstärke sind bereits berücksichtigt).

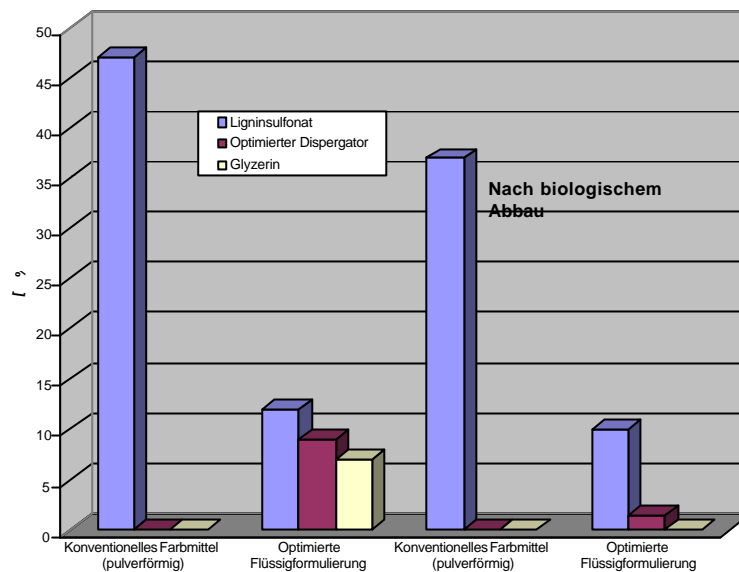


Abbildung 4.10: Typ A): Vergleich zwischen der Zusammensetzung herkömmlicher und neuer Farbstofftypen (vor und nach einer biologischen Behandlung) [Grütze 2000]. Die Prozentangaben beziehen sich auf die gesamte Farbmittelformulierung

B)

In Abbildung 4.11 ist die Bioeliminierbarkeit von herkömmlichen Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukten im Vergleich zu den modifizierten Typen aufgeführt. Die modifizierten Typen erreichen eine Bioeliminierbarkeit von ca. 70%, wohingegen die herkömmlichen Produkte lediglich zu 20-30% eliminiert werden (Testmethode: OECD 302 B).

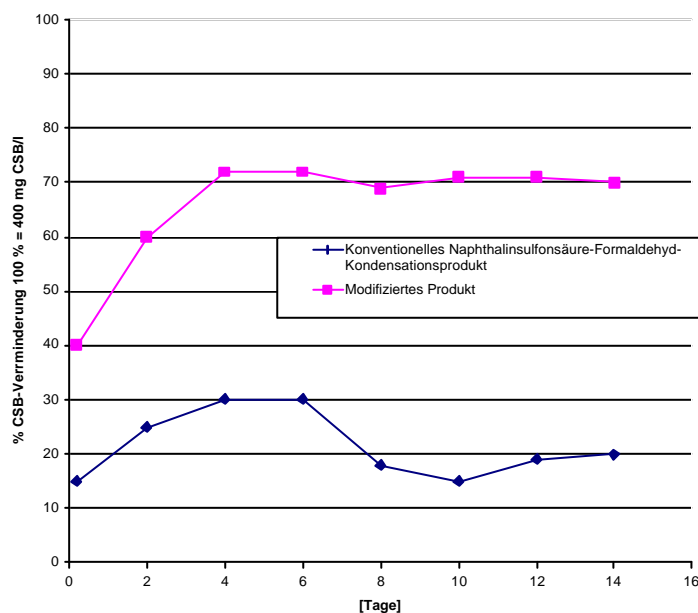


Abbildung 4.11: Typ B): Vergleich zwischen herkömmlichen und optimierten Dispergatoren auf Basis von herkömmlichen bzw. modifizierten Naphthalinsulfonsäure-Formaldehyd-Kondensationsprodukten

Anwendbarkeit

Das Dispersatorsystem A) kann nur in Flüssigformulierungen eingesetzt werden. Es gibt keine Einschränkungen für die Anwendbarkeit; jedoch ist die Farbstoffpalette zur Zeit begrenzt. Typ B) kann in flüssigen und pulverförmigen Formulierungen von Dispersions- und Küpenfarbstoffen eingesetzt werden.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Die ökologisch optimierten Farbstoffe werden in deutschen Textilveredlungsbetrieben, aber auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Die ökologisch optimierten Farbmittel können vergleichbar zu den herkömmlichen Farbmitteln eingesetzt werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Kosten für die Farbmittel sind höher im Vergleich zu herkömmlichen Farbstoffformulierungen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die wesentliche Motivation für den Einsatz von Farbmitteln mit einer erhöhten biologischen Abbaubarkeit liegt in einer Verbesserung der betrieblichen Umweltleistung.

Literatur

[Grütze, 2000]

Grütze, J.

Eine neue Generation von Dispersionsfarbstoffen

DyStar Textilfarben, D-Leverkusen (2000), Sonderdruck

[Kilburg, 1997]

Kilburg, H.

Innovative, Ecologically Advanced Dyeing of Polyester Fibres

BASF AG, D-Ludwigshafen (1997), Sonderdruck

4.2.1.1.10 Entschäumer

Beschreibung

Entschäumer verhindern die Schaumbildung oder zerstören eine vorhandene unerwünschte Schaumbildung. Sie werden sowohl in der Vorbehandlung als auch in der Färberei (insbesondere in Jet-Färbemaschinen), Ausrüstungsflotten und Druckpasten eingesetzt. Bei den Entschäumern handelt es sich um Produkte, die unlöslich in Wasser sind und eine niedrige Oberflächenspannung haben. Sie verdrängen schaumproduzierende Tenside aus der Luft/Wasser Schicht. Entschäumer basieren häufig auf Mineralölen (Kohlenwasserstoffen). Typische, aktive Komponenten in alternativen Produkten sind Silikone, Phosphorsäureester (meist Tributylphosphat), Fettsäureverbindungen, hochmolekulare Alkohole, Fluor-Derivate und Mischungen dieser Komponenten.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Durch den Einsatz alternativer Produkte kann der Kohlenwasserstoffgehalt im Abwasser verringert werden. Der spezifische CSB dieser alternativen Produkte ist niedriger im Vergleich zu kohlenwasserstoffhaltigen Produkten bei gleichzeitig meist guter biologischer Eliminierbarkeit. Zum Beispiel wird ein Produkt auf Basis von Fettsäuretriglyceriden und Fettalkoholethoxylaten (CSB: 1245 mg/l; BSB₅: 840 mg/l) in einer biologischen Abwasserbehandlung zu mehr als 90% abgebaut (mod. Zahn-Wellens-Test nach OECD 302 B). Weiterhin wird der Organisch-C-Gehalt (VOC-Gehalt), verursacht durch die Verschleppung der Entschäumer in thermische Prozesse (Trocknen nach dem Färben, Thermofixieren und Ausrüsten), reduziert.

Anwendbarkeit

Die Produkte werden vergleichbar den konventionellen Produkten eingesetzt. Die Effektivität und damit die Einsatzmenge unterscheiden sich. Bei Entschäumern auf Basis von Silikonem muss die Prozesssicherheit gewährleistet sein (es besteht die Gefahr, dass sich „Silikonflecken“ auf dem Textil und Silikon-Kondensate in den Maschinen bilden).

Cross-media Effekte

Silikone werden nur durch abiotische Prozesse im Abwasser eliminiert. Tributylphosphate sind geruchsintensiv und stark reizend. Auch höhermolekulare Alkohole sind sehr geruchsintensiv und sollten daher nicht in heißen Flotten eingesetzt werden. Werden bestimmte Konzentrationen erreicht, können Silikonöle den Sauerstoff-Eintrag in Belebtschlammanlagen der Abwasseraufbereitung reduzieren.

Referenz Anlagen

Alternative Entschäumer, die von mehreren Herstellern angeboten werden, finden sowohl in deutschen Veredlungsbetrieben als auch weltweit Einsatz.

Betriebsdaten

Die Produkte werden vergleichbar zu den kohlenwasserstoffhaltigen Entschäumern eingesetzt. Werden Silikonprodukte eingesetzt, kann normalerweise aufgrund der hohen Effektivität dieser Produkte die erforderliche Einsatzmenge deutlich gesenkt werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Preise von mineralölfreien Produkten entsprechen denen herkömmlicher Produkte.

Gründe für die Anwendung der Technik:

Die Reduzierung des Kohlenwasserstoffgehalts im Abwasser und des VOC-Gehaltes in der Abluft sind die wesentlichen Gründe für einen Austausch mineralöhlhaltiger Entschäumer.

Literaturnachweis:

[Dobbelstein, 1995]

Optimierung von Textilhilfsmitteln aus ökologischer Sicht. Möglichkeiten und Grenzen
Nordic Dyeing and Finishing Conference 20.05.1995, F-Hämeenlinna (1995)

[Petry, 1999]

Dr. Petry GmbH, D-Reutlingen
Sicherheitsdatenblatt

4.2.1.1.11 Katalysatoren für Polyesterfasern

Beschreibung

Die Polymerisationsreaktion von Polyethylterephthalat (Polyestertyp, der im Wesentlichen in der Textilindustrie eingesetzt wird) wird zu über 99,9% mit Katalysatoren auf Basis von Antimonoxid oder Antimonacetat durchgeführt. Der Antimongehalt kommerzieller PES-Fasern liegt im Bereich von 200 bis 300 ppm. In wässrigen Vorbehandlungsprozessen, HT-Färbungen und bei der alkalischen Behandlung von PES können Anteile des Katalysators herausgewaschen werden. PES-Fasern können auch mit Katalysatoren auf Basis von hydrolysestabilen Titan-/Silicium-Mischoxiden oder Titansäureester hergestellt werden. Dadurch reduziert sich der Antimongehalt im Abwasser von Textilveredlungsbetrieben, die PES verarbeiten. [Thier-Grebe, 2000].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Antimongehalt im Abwasser von Textilveredlungsbetrieben, die PES verarbeiten, kann reduziert werden. Tabelle 4.11 zeigt den Antimongehalt in Abwasserteilströmen bei der Vorbehandlung und dem Färben von PES-Fasern:

Prozess	Antimongehalt [$\mu\text{g/l}$]	
	Sb-haltiger Katalysator	Ti-haltiger Katalysator
Waschen	12 ± 3	< 5
Spülen	< 1	< 1
Färben (130 °C, 60 min)	2000 ± 70	< 3
Reduktive Nachbehandlung	16 ± 2	5 ± 2

Tabelle 4.11: Antimongehalte im Abwasser [Thier-Grebe, 2000]

Anwendbarkeit

Die Anwendungsgebiete von PES-Fasern, die mit titanhaltigen Katalysatorsystemen hergestellt werden, sind beschränkt. PES-Fasern mit titanhaltigen Katalysatoren zeigen jedoch nahezu die gleichen mechanischen Eigenschaften wie PES-Fasern mit antimonhaltigen Katalysatoren (jedoch muss die Alterungsbeständigkeit in der Praxis noch geprüft werden). Die Fasern mit titanhaltigen Katalysatoren können wie die antimonhaltigen PES-Fasern in Faserfüllungen und Vliesprodukten eingesetzt werden. Für Textilien, bei denen hohe Lichtechtheiten gefordert werden (Gardinen), können die titanhaltigen Garne nicht eingesetzt werden.

Cross-media Effekte

Zur Überdeckung der gelblichen Eigenfärbung müssen optische Aufheller eingesetzt werden.

Referenzanlagen

PES-Garne mit titanhaltigen Katalysatoren werden bei TWD-KUAG, D-Deggendorf und Du Pont Sabanci Polyester GmbH hergestellt. Webereien/Textilveredlungsbetriebe, die diese PES-Faser verarbeiten, sind Schoeller, CH-Sevelen und Formosa Taffeta, TW-Touliu. Die Lieferanten für die Katalysatoren sind Acordis Industrial Fibers GmbH und Du Pont de Nemour (Deutschland) GmbH [Acordis, 2000; Du Pont, 2001].

Wirtschaftliche Aspekte

Die Kosten für PES-Fasern mit titanhaltigen Katalysatoren sind im Vergleich zu den antimonhaltigen Fasern höher. Beim Färben der Fasern werden Energieeinsparungen und eine Reduzierung des Farbstoffverbrauchs beschrieben: Färben bei niedrigerer Temperatur (mit vergleichbaren Färbezeiten), kürzeren Färbezyklen (bei den gleichen Temperaturen) oder reduzierte Farbstoffkonzentrationen (bei der gleichen Färbezeit und Temperatur).

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Eigeninitiative von Akteuren entlang der textilen Kette hat dazu geführt, dass PES-Fasern, die über titanhaltigen Katalysatoren hergestellt werden, eingesetzt werden.

Literatur

[Acordis, 2000]

Acordis, D-Wuppertal

PET catalyst Titan Dioxide Based "C94"

Produktinformation, 2000

[Du Pont, 2001]

Du Pont de Nemours (Deutschland) GmbH, D-Bad-Homburg

Persönliche Mitteilung

[Thier-Grebe, 2000]

Thier-Grebe, R.; Rabe, M.

Polyester mit neuem Titandioxid-Katalysator

Melliand Textilberichte 81 (2000) 977-980

4.2.1.1.12 Kompaktspinnen

Beschreibung

Beim konventionellen Ringspinnen wird nach dem Streckwerk durch die Garne ein sogenanntes Spinnendreieck ausgebildet. Beim Durchlaufen des Spinnendreiecks erfolgt keine Drehung der Garne; Fadenbrüche und unerwünschte Garnhaarigkeiten können auftreten. Beim Kompaktspinnen werden die Fasern nach dem Streckwerk unter Anwendung von Unterdruck verdichtet [Artzt, 1995]. Man erreicht dadurch eine höhere Garnfestigkeit und Garndehnung sowie eine reduzierte Haarigkeit und Abriebneigung.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Im Vergleich zu konventionellen Ringspinnengarnen weisen Kompaktspinnengarne bessere Laufeigenschaften und weniger Fadenbrüche beim Weben auf, auch wenn die Schlichteaufgabe bis zu 50% reduziert wird. Dies führt zu einer beachtlichen Reduzierung der Abwasserbelastung beim Entschlichten. Aufgrund der verringerten Haarigkeit kann auf das Paraffinieren der Garne in der Strickerei zum Teil verzichtet werden [Binternagel, 2000].

Anwendbarkeit

Das Verfahren ist für reine Baumwollgarne im Einsatz. Das Erscheinungsbild und die technologischen Eigenschaften der Kompaktspinnengarne (und somit auch der daraus hergestellten Flächengebilde) unterscheidet sich von den herkömmlichen Ringspinnengarnen. Die geringere Haarigkeit der Garne ist zum Teil bei Strick-Garnen unerwünscht. Der Umbau existierender Spinnmaschinen ist zum Teil möglich.

Referenzanlagen

Zur Zeit sind – hauptsächlich in Italien - ca. 250.000 Spindeln installiert [ITV, 2001].

Hersteller von Kompaktspinnmaschinen sind

- Rieter Textile Systems, CH-Winterthur
- Zinser Textilmaschinen, D-Ebersbach
- Spindelfabrik Süssen, D-Süssen.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte treten nicht auf.

Wirtschaftliche Aspekte

Zusätzliche Kosten bei der Garnherstellung können teilweise oder vollständig durch Kosteneinsparungen in den Webereien aufgrund von erhöhten Webnutzeffekten und des reduzierten Schlichteauftrages kompensiert werden. Ein geringerer Farbstoffverbrauch beim Färben von Garnen, die über die Kompaktspinnentechnik hergestellt werden, wird beschrieben [Binternagel, 2000].

Gründe für die Anwendung der Technik

Die wesentlichen Gründe für eine Installation von Kompaktspinnanlagen sind eine verbesserte Garnqualität und die Möglichkeit, neue Effekte/Designs zu entwerfen.

Literatur

[Anonymous, 2000]

Verdichtungsspinnen lässt Kosten sinken und Qualität steigen

Melliand Textilberichte 81 (2000) 701

[Artzt, 1995]

Artzt, P.; Betz, D.; Schneider, J.; Sonntag, E.

Innovationen in der Ringspinnerei – neue Impulse für ein altes Spinnverfahren

Melliand Textilberichte, 76 (1995) 1061-1064

[Artzt, 1999]

Artzt, P.

Entwicklung neuer Garne auf der Basis des Verdichtungsspinnens
Melliand Textilberichte 80 (1999) 689

[Binternagel, 2000]

Binternagel, T.

Neue Möglichkeiten in der Weiterverarbeitung von COM4-Garnen
Melliand Textilberichte 81 (2000) 702-707

[ITV, 2001]

Persönliche Mitteilung

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Denkendorf

[Stalder, 2001]

Stalder, H; Hellwig, A.

Vorteile und neue Möglichkeiten durch COM4-Garn im Gestrick
Melliand Textilberichte 82 (2001) 138-140

4.2.1.2 Textile Vorbehandlung

4.2.1.2.1 Substitution von Hypochlorit zum Bleichen

Beschreibung

Hypochlorite werden seit langem zum Bleichen von Textilsubstraten eingesetzt. Die beiden wichtigsten Verbindungen sind Chlorkalk und Natriumhypochlorit. In Europa ist Chlorkalk nicht mehr im Einsatz wegen seiner unangenehmen anwendungstechnischen Eigenschaften. Natriumhypochlorit ist mittlerweile weitgehend durch Wasserstoffperoxid ersetzt worden, wird aber in einzelnen Betrieben immer noch appliziert. In Deutschland und in anderen europäischen Ländern ist Hypochlorit zum Bleichen von Geweben aus Baumwolle und Baumwollmischungen vor mehr als zehn Jahren vollständig substituiert worden. Für Maschenware aus Baumwolle oder Baumwollmischungen wurde eine Kombination von Hypochlorit- und Wasserstoffperoxidbleiche appliziert, weil diese Kombination billig ist und ein weicher Griff (weil die natürlichen Wachse nur zu einem geringen Anteil entfernt werden) erzielt wird. Bei diesem kontinuierlichen Verfahren zum Bleichen von Maschenware wurde Natriumhypochlorit in der ersten Bleichstufe und Wasserstoffperoxid in der zweiten eingesetzt. Heute ist dieser Prozess ersetzt durch zwei-stufiges Bleichen mit Wasserstoffperoxid. Dabei wird die erste Stufe bei Raumtemperatur (Kaltbleiche) und die zweite bei höheren Temperaturen (Heißbleiche) durchgeführt. Auch für diskontinuierliche Bleichprozesse von Maschenware ist Hypochlorit durch Wasserstoffperoxid ersetzt worden.

In einigen Fällen wird Hypochlorit immer noch als billiges und wirksames Hilfsmittel zum Auskochen von Färbemaschinen verwendet.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Einsatz von Hypochlorit führt zur Bildung von chlorierten Kohlenwasserstoffen als Nebenprodukte wie Trichlormethan (Chloroform) und vielen anderen nicht spezifizierten Verbindungen. Das Ausmaß dieser Nebenproduktbildung hängt von den Verunreinigungen der Baumwolle und den eingesetzten Bleichhilfsmitteln ab. Diese chlorierten Nebenprodukte können mit dem Summenparameter AOX (Adsorbierbare organische Halogene) erfasst werden.

Anwendbarkeit

Die Substitution von Hypochlorit als Bleichmittel ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen möglich. Heutzutage gibt es keine anwendungstechnischen Grenzen mehr für den Einsatz von Wasserstoffperoxid, sowohl für Gewebe als auch für Maschenware, die aus cellulosischen Fasern und entsprechenden Mischungen bestehen. Auch zum Bleichen von Garnen aus cellulosischen Fasern ist Wasserstoffperoxid das geeignete Bleichmittel. In einigen Fällen (z.B. für die Veredlung von Polyester-Maschenware für Heimtextilien) wird Natriumchlorit zum Bleichen eingesetzt. Bei gut kontrollierten Prozessen ist die AOX-Bildung zehnmal geringer im Vergleich zum Bleichen mit Hypochlorit [UBA, 1994].

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Es gibt sehr viele Textilveredlungsbetriebe in Europa und weltweit, die Hypochlorit erfolgreich durch Wasserstoffperoxid ersetzt haben.

Betriebsdaten

Wie bereits erwähnt, wird für das kontinuierliche Bleichen von Gewebe und Maschenware üblicherweise ein zweistufiges Verfahren bei unterschiedlichen Temperaturen (kalt - heiß) angewandt.

Wirtschaftliche Aspekte

Für Maschenware sind die Kosten für das zweistufige Bleichen mit Wasserstoffperoxid zwei- bis sechsmal höher im Vergleich zur zweistufigen Bleiche mit Hypochlorit (1. Stufe) und Wasserstoffper-

oxid (2. Stufe) [Wurster, 1990]. Trotzdem ist die Hypochloritbleiche sehr weitreichend ersetzt worden, in Deutschland praktisch vollständig.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Forderung des Marktes nach chlorfrei gebleichten Textilien und die Anforderungen an die Abwasserentsorgung waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[Wurster, 1990]

Wurster, P.; Conzelmann, F.

Bleichprozesse mit Natriumhypochlorit im Spannungsbereich zwischen Qualitätsanforderungen, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz

Textilpraxis International 45 (1990) 1269-1273

[UBA, 1994]

Schönberger, H; Kaps, U.

Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

4.2.1.2.2 Rückgewinnung von Schlichtemitteln mittels Ultrafiltration

Beschreibung

Schlichtemittel werden auf die Kettgarne aufgebracht, um sie vor der mechanischen Beanspruchung des Webprozesses zu schützen. Sie müssen jedoch praktisch vollständig im Laufe der textilen Vorbehandlung entfernt werden, weil sie sich auf die weiteren Verfahrensstufen, insbesondere das Färben und/oder das Drucken störend auswirken. Im Abwasser von Gewebeerledern machen die Schlichtemittel 30-70% der CSB-Fracht aus [UBA, 1994]. Schlichtemittel können aus der Entschlichtungsflotte mittels Ultrafiltration zurückgewonnen werden. Dies ist allerdings nur für wasserlösliche synthetische Schlichtemittel wie Polyvinylalkohol, Polyacrylate und Carboxymethylcellulose möglich. Kürzlich ist auch die Möglichkeit bestätigt worden, modifizierte Stärke wie Carboxymethylstärke zurückzugewinnen. Das Prinzip der Rückgewinnung durch Ultrafiltration ist in Abbildung 4.12 dargestellt. Nach dem Schlichten und Weben werden die Schlichtemittel im Laufe der textilen Vorbehandlung durch Auswaschen mit heißem Wasser in einer entsprechenden kontinuierlichen Waschmaschine vom Gewebe entfernt. Bei bestehenden Anlagen ist zur Minimierung der Menge an Entschlichtungsflotten gegebenenfalls die Optimierung des Waschprozesses erforderlich. Die Konzentration an Entschlichtungsmitteln in der Entschlichtungsflotte liegt im Bereich 20-30 g/l. In der Ultrafiltrationsanlage wird sie auf 150-350 g/l aufkonzentriert. Das Konzentrat kann dann zum Schlichten wieder eingesetzt werden. Es wird bei hoher Temperatur (80-85°C) gehalten und muss nicht wieder erhitzt werden. Das Permeat kann zur Waschmaschine rückgeführt werden.

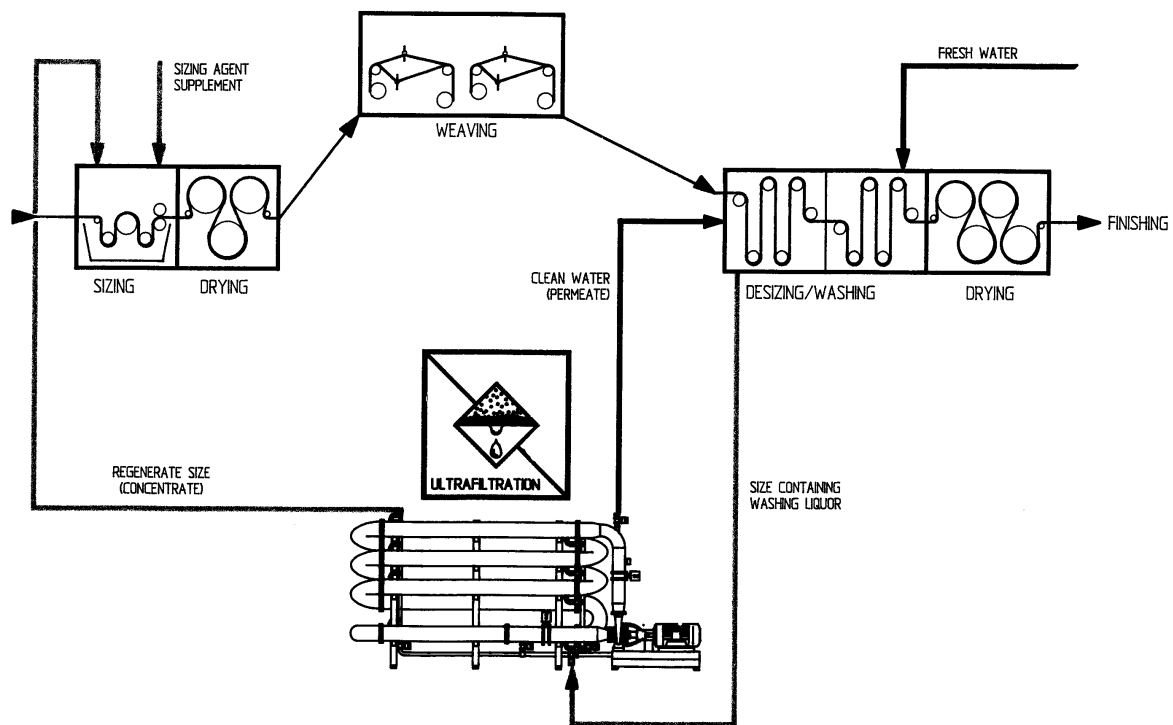


Abbildung 4.12: Prinzipskizze für die Anwendung und Rückgewinnung von Schlichtemitteln mittels Ultrafiltration; sizing = schlichten; drying = trocknen; sizing agent supplement = Ergänzung von Schlichtemitteln; weaving = weben; desizing/washing = entschlichten/waschen; fresh water = Frischwasser; finishing = Veredlung; clean water (permeate) = klares Wasser (Permeat); size containing washing liquor = Entschlichtungsflotte

Abbildung 4.13 zeigt ein Beispiel für die Schlichtemittel- und Wasserbilanz ohne und mit Schlichtemittelrückgewinnung. Daraus ergibt sich unmittelbar, dass verschiedene Schlichtemittelverluststellen, insbesondere während des Webens, auftreten. Auch werden die Schlichtemittel

nicht zu 100% vom Gewebe abgelöst. Weiterhin tritt ein Verlust mit dem Permeat auf. Deshalb beträgt der Prozentsatz rückgewinnbarer Schlichtemittel nur 80-85%.

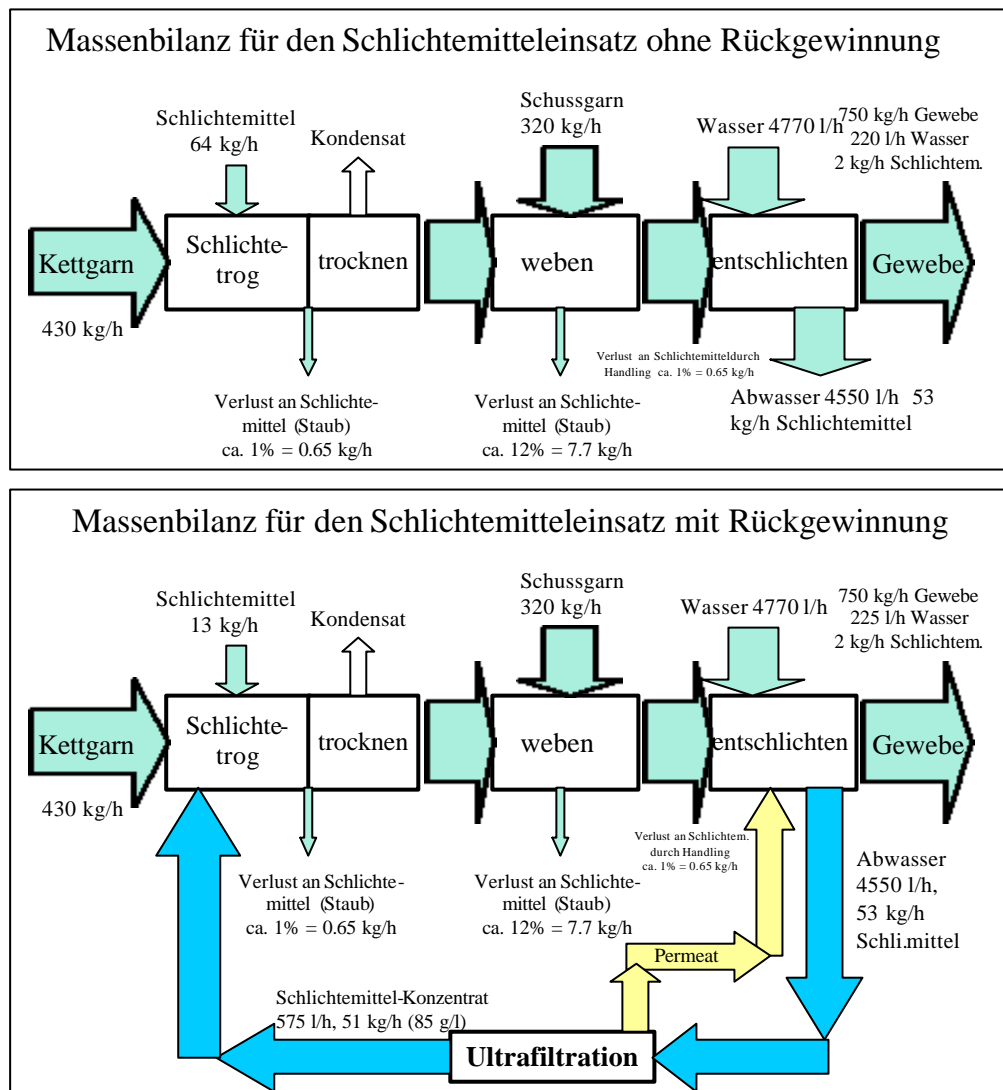


Abbildung 4.13: Repräsentatives Beispiel für die Bilanz von Schlichtemitteln und Wasser mit und ohne Schlichtemittlrückgewinnung - [Langer, 1997]

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die CSB-Fracht im Abwasser von Gewebeerstellern wird beträchtlich um 30-70% reduziert. Die Rückgewinnungsrate für Schlichtemittel beträgt 80-85%. Hinzu kommt, dass die rückgewonnenen Schlichtemittel nicht im Abwasser enthalten sind und so auch nicht behandelt werden müssen. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung des Energieverbrauchs für die Abwasserbehandlung sowie zu einer deutlich geringeren zu entsorgenden Schlammmenge.

Anwendbarkeit

Üblicherweise können Schlichtemittel nur in vollstufigen Betrieben zurückgewonnen werden, die neben der Veredlung auch eine Weberei betreiben. Es gibt auch Fälle, bei denen zwischen Weberei und Veredlung eine beträchtliche Entfernung besteht (bis zu 300 km in einem Fall in den USA) und die Entschlichtungsflotte in isolierten Tankfahrzeugen transportiert wird. Allerdings könnten Webereien auch entschlichtetes Gewebe anbieten, wenn sie eine Waschmaschine mit Trockner installieren, um so die Schlichtemittel zurückzugewinnen.

Im Fall eines vollstufigen Unternehmens beträgt die Mindestmenge an verarbeitetem Gewebe ca. 1000 t/a; im Fall einer Weberei, die entschlichtetes Gewebe anbietet, ist diese Menge deutlich höher

(ca. 5000 - 8000 t Gewebe/a), weil zusätzlich zur Ultrafiltrationsanlage eine zusätzliche Waschmaschine mit Trockner angeschafft werden muss. Bis heute ist allerdings die Akzeptanz der Veredler für bereits entschlichtetes Gewebe sehr begrenzt. Bestimmte Effekte wie das Prägen können nur mit nicht entschlichtetem Gewebe durchgeführt werden.

Cross-media Effekte

Die Ultrafiltration der Entschlichtungsflotten benötigt elektrische Energie, deren Menge aber im Vergleich zur Energie, die für die Herstellung neuer Schlichtemittel (wenn sie nicht zurückgewonnen und in Abwasserbehandlungsanlagen behandelt werden) viel kleiner ist.

Referenzanlagen

Die erste Anlage zur Rückgewinnung von Polyvinylalkohol ging 1975 in den USA in Betrieb. Mittlerweile bestehen zwei Anlagen in Deutschland, die seit mehreren Jahren betrieben werden und verschiedene Anlagen in Brasilien, Taiwan und USA. Es gibt nur wenige Hersteller für diese Anlagen.

Betriebsdaten

Um Scaling- und Foulingeffekte zu minimieren, müssen die in der Entschlichtungsflotte enthaltenen Fasern entfernt werden. Das gleiche gilt für feine Partikel wie Sengestaub. Zu diesem Zweck wird eine Vorfiltration durchgeführt. Die Entfernung von Farbstoffpartikeln bereitet Schwierigkeiten bei der Entschlichtung von Buntwebware, da die Entschlichtungsflotten durch die gefärbten Kettgarne leicht angefärbt sind. In diesem Fall ist eine Vorfiltration mittels Mikrofiltration erforderlich. Allerdings ist der Betrieb der Anlage in einem solchen Fall schwieriger, aber möglich, was der erfolgreiche Betrieb einer Anlage seit mehreren Jahren bestätigt. Normalerweise werden im Fall einer Schlichterückgewinnung synthetische Schlichtemittel eingesetzt, meist Mischungen aus Polyvinylalkohol und Polyacrylaten, aber auch Carboxymethylcellulose und mittlerweile (in Brasilien) auch Carboxymethylstärke. Der Betrieb der Ultrafiltrationsanlage zur Schlichtemittelrückgewinnung erfordert qualifiziertes Personal und regelmäßige Wartung.

Wirtschaftliche Aspekte

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung darf nicht nur der spezifische Preis für die Schlichtemittel in EURO/kg in Betracht gezogen werden, sondern auch sowohl die Kosten für das gesamte Rezept als auch für den gesamten Prozess, insbesondere erhöhte Webnutzeffekte. Dies ist wichtig beim Wechsel von Stärke und Stärkederivaten (die nicht recycelt werden können, aber hinsichtlich des Einkaufspreises billiger sind) zu synthetischen Schlichtemitteln, die teurer sind, aber mit geringeren Auflagen appliziert werden können und die Webnutzeffekte steigern. Tabelle 4.12 gibt ein typisches Beispiel für die Einsparungen bei der Einführung eines Schlichtemittelrecyclings wieder.

Input für das Schlichten	ohne Rückgewinnung [EURO/a]		mit Rückgewinnung [EURO/a]	
Hergestelltes Gewebe [t/a]	8750		8750	
Kettgarn [t/a]	5338		5338	
Schlichtemittel bezogen auf das Kettgarn - in Gew%	13.8		10.0	
Rückgewonnene Schlichtemittel [t/a]	427		76095	
Stärkederivate [t/a]	470	261435	75	205100
Polyvinylalkohole (PVA) [t/a]	264	722500	32	158400
Polyacrylate (100%) [t/a]	59	133040	26.7	30485
Wachs [t/a]	5075	5840	755	830
Frischwasser [m ³ /a]	890	10780	350	4235
Dampf [t/a]	155680	8560	32000	1760
Strom [kWh/a]	4450	58700	1680	22180
Personal [h/a]	1200855		499085	
Gesamtkosten	225		93.5	
Spez. Kosten [EURO/t Kettgarn]				

Tabelle 4.12: Kosten für Schlichtemittel für die Fälle ohne und mit Schlichtemittel-Recycling - [Armbruster, 1999]

Bei dem Beispiel in Tabelle 4.12 sind weitere Einsparungen zu berücksichtigen wegen des höheren Webnutzeffektes und der geringeren Veredlungskosten (Zeiteinsparung und deutlich reduzierter Verbrauch an Chemikalien für den Abbau und die Entfernung der Stärke/Stärkederivate) und geringerer Kosten für die Abwasserbehandlung. Vor diesem Hintergrund kann die Amortisationszeit einer Ultrafiltrationsanlage weniger als ein Jahr betragen.

Für das vorstehende Beispiel betragen die Investitionskosten [in EURO]:

- Ultrafiltrationsanlage:	990.000
- Transport	16.500
- Pufferbehälter:	105.000
- Montage:	77.000
- Inbetriebnahme:	27.500
- Diverse Kosten:	27.500
Gesamte Investition	1.243.500

Gründe für die Anwendung der Technik

Die hohe Abwasserbelastung aus der Entschlichtung und die kurzen Amortisationszeiten sind die wichtigsten Faktoren für die Einführung der Schlichtemittelrückgewinnung

Literatur

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduzierung der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

[Langer, 1997]

Langer, H.; Armbruster, W.

Schlichterückgewinnung mittels Ultrafiltration

Abschlussbericht Nr. 8011 zu einem UBA-Forschungsvorhaben (1997)

[Armbruster, 1997]

Armbruster, W.

Die Rückgewinnung von Schlichtemitteln aus dem Abwasser der Textilveredlungsindustrie

Manuskript zum Vortrag anlässlich der Sitzung der ATV-Arbeitsgruppe "Textilindustrie" am 18.03.1999 (1999)

[Rescom, 2001]

Rescom Engineering GmbH, D-Noerdlingen

Recovery of Sizing Agents (2001)

4.2.1.2.3 Natronlauge-Rückgewinnung aus der Mercerisation

Beschreibung

Bei der Mercerisation wird Baumwollgarn oder Baumwollgewebe (in einigen Fällen auch Maschenware) unter Spannung in einer konzentrierten Natronlauge (270-300 g NaOH/l bzw. 170-350 g NaOH/kg Textilsubstrat) bei einer Verweilzeit von 40-50 Sekunden behandelt. Unmittelbar danach wird das Substrat zur Entfernung der Natronlauge ausgewaschen. Dieses Waschwasser wird als Schwachlauge (40-50 g NaOH/l) bezeichnet und kann zur Rückführung mittels Eindampfung aufkonzentriert werden. Das Prinzip dafür ist in Abbildung 4.14 dargestellt. Nach der Entfernung von Flusen und Fasern und anderer Feststoffe (in selbstreinigenden Drehfiltern oder mittels Mikrofiltration) wird die Schwachlauge aufkonzentriert, z.B. in einer dreistufigen Verdampferanlage (Abbildung 4.15). In vielen Fällen ist eine Reinigung der Lauge erforderlich, normalerweise nach der Eindampfung. Die Reinigungstechnik dafür hängt vom Grad der Verschmutzung ab und kann aus einer einfachen Sedimentation bestehen, aber auch aus einer Oxidation/Flotation durch Injektion von Wasserstoffperoxid. Die treibende Kraft der Eindampfung ist der Temperatur- und Druckunterschied der einzelnen Verdampferstufen mit der höchsten Temperatur und Druck in der ersten und der niedrigsten Temperatur und Druck in der letzten Stufe. Um die Brüden der einen Stufe zur Erhitzung der nächsten zu verwenden, muss der Siedepunkt in der darauffolgenden Stufe kleiner sein. Dies wird trotz der höheren Konzentration und dem niedrigeren Druck in der darauffolgenden Stufe erreicht. Über die Verdampferstufen steigt die Laugenkonzentration und sinkt die Temperatur. Die Brüden der letzten Stufe werden zur Vorwärmung der Schwachlauge genutzt und anschließend kondensiert im Zuge der Vorwärmung von kaltem Prozesswasser.

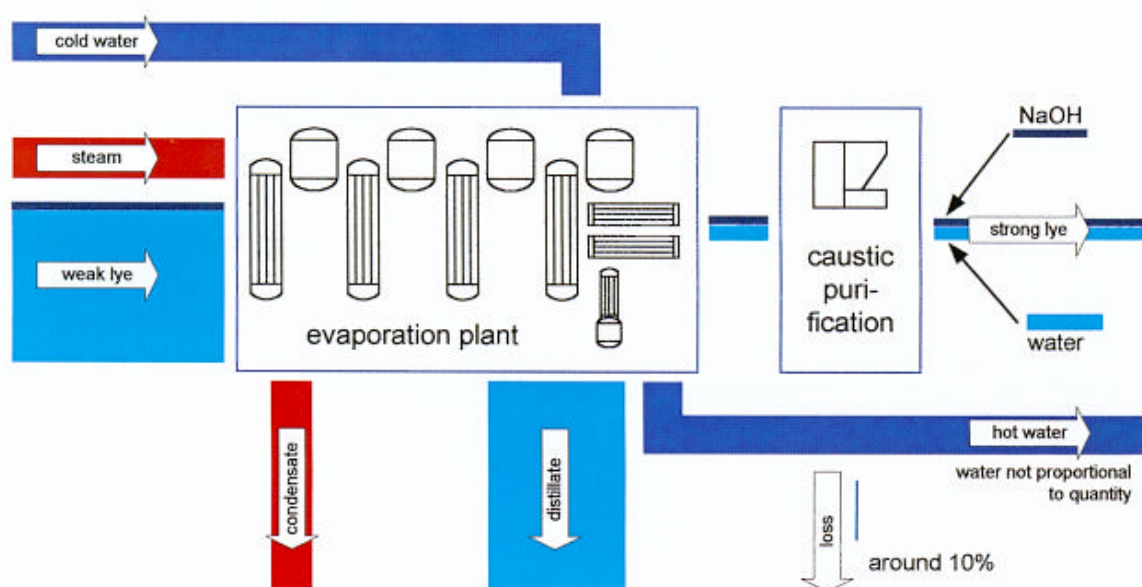


Abbildung 4.14: Schema zur Darstellung des Prinzips für die Rückgewinnung von Natronlauge mittels Eindampfung einschließlich der üblicherweise praktizierten Reinigung; cold water = Kaltwasser, steam = Dampf, weak lye = Schwachlauge, evaporation plant = Eindampfanlage, caustic purification = Reinigung der Natronlauge, strong lye = Starklauge, water = Wasser, condensate = Kondensat, distillate = Destillat, loss = Verlust, hot water = Heißwasser

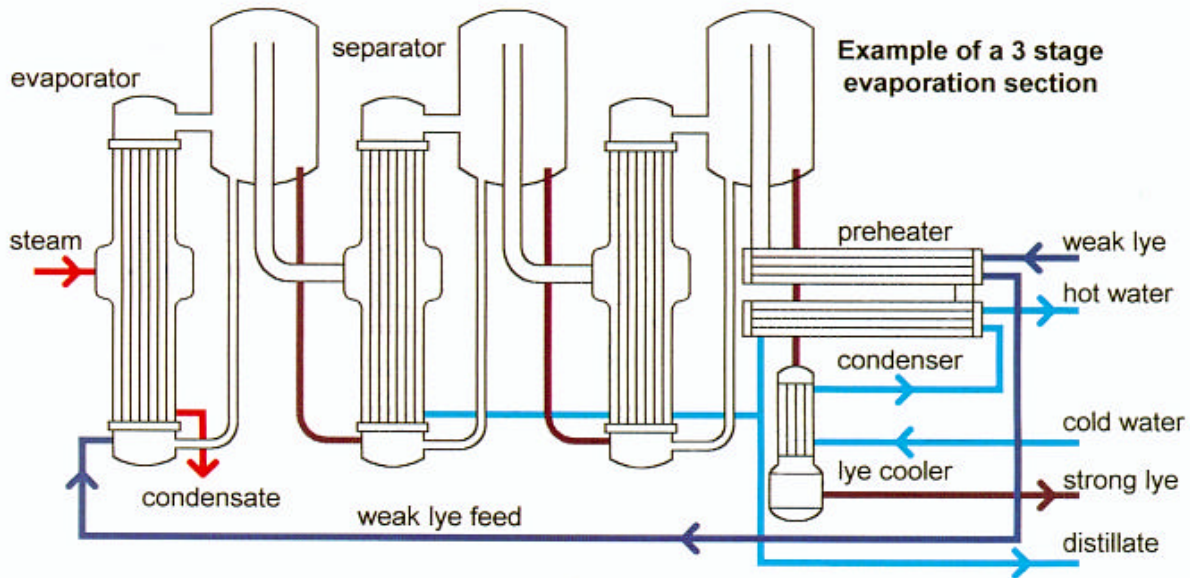


Abbildung 4.15: Eindampfung der Schwachlauge aus den Spülvorgängen des Mercerisierprozesses, example for a 3 stage evaporation section = Beispiel für eine drei-stufige Eindampfanlage, evaporator = Verdampfer, separator = Trennbehälter, steam = Dampf, condensate = Kondensat, weak lye feed = Zuführung der Schwachlauge, preheater = Vorwärmung, condenser = Kondensator, lye cooler = Laugekühler, cold water = Kaltwasser, strong lye = Starklauge, distillate = Destillat

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die alkalische Belastung des Abwassers wird drastisch reduziert und die benötigte Menge an Säure zur Abwasserneutralisation stark minimiert.

Anwendbarkeit

Die Technik kann sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen angewandt werden.

Cross-media Effekte

Die Eindampfung benötigt ca. 0,3 kg Dampf/kg verdampftes Wasser für eine vierstufige Verdampfungsanlage. Dies entspricht 1 kg Dampf/kg rückgewonnener NaOH (28 °Bé) oder 1,85 kg Dampf/kg NaOH (40 °Bé). Außerdem ist auch der Energieverbrauch für die Herstellung von Natronlauge via Chloralkalielektrolyse zu berücksichtigen, der beträchtlich ist.

Referenzanlagen

Die erste Anlage zur Natronlaurückgewinnung wurde vor mehr als 100 Jahren in Betrieb genommen. Heute sind mehr als 300 Anlagen weltweit in Betrieb, in erster Linie zur Rückgewinnung von Natronlauge aus der Mercerisation von Baumwollgewebe und von Baumwollgarn, aber auch aus der Mercerisation von Baumwoll-Maschenware.

Die wichtigsten Hersteller in Europa sind:

- KASAG Export AG, CH-9259 Kaltenbach, Schweiz
- Körting Hannover AG, D-30453 Hannover, Deutschland

Betriebsdaten

Die Konzentration der Schwachlauge beträgt üblicherweise 5-8 °Bé (30-55g NaOH/l) und wird aufkonzentriert auf 25-40 °Bé (225-485g NaOH/l). Der Konzentrierungsfaktor hängt vom Mercerisationsprozess ab. Im Falle der Rohmercerisation (das trockene Textils substrat wird behandelt) beträgt die Konzentration 25-28 °Bé und in den anderen Fällen 40 °Bé. Bei der Rohmercerisation ist der Grad der Verunreinigung deutlich höher und somit auch die Viskosität, weshalb ein höherer Konzentrierungsfaktor nicht möglich ist (der Umlauf in den Verdampfern wird behindert).

Wirtschaftliche Aspekte

Je mehr Verdampferstufen, je öfter wird die Energie zurückgewonnen und je niedriger ist der Dampfverbrauch und somit die Betriebskosten. Allerdings steigen die Investitionskosten mit der Anzahl der Verdampferstufen.

Die Investitionskosten hängen im wesentlichen von der Anlagengröße und Reinigungstechnologie ab und betragen 200.000 bis 800.000 EURO. Die Amortisationszeit hängt von der Anlagengröße und der Betriebsdauer pro Tag ab. Wenn die Mercerisation ständig durchgeführt wird, liegt die Amortisationszeit unter einem Jahr. Wenn die nicht rückgewonnene Natronlauge mit Säure neutralisiert werden muss, beträgt sie sogar weniger als sechs Monate. Vor dem Hintergrund dieser ökonomischen Überlegungen ist die Natronlauge-Rückgewinnung sehr attraktiv.

Gründe für die Anwendung der Technik

Der hohe Alkaligehalt im Abwasser und der hohe ökonomische Verlust bei einer nicht durchgeführten Rückgewinnung sind die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduzierung der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

4.2.1.2.4 Enzymatisches Abkochen

Beschreibung

Entschlichten, alkalisch Abkochen und Bleichen sind typische Vorbehandlungsschritte für baumwollveredelnde Betriebe. Oftmals wird das alkalisch Abkochen und Bleichen in einem Prozessschritt kombiniert. Das alkalisch Abkochen erhöht die Benetzbarkeit der Baumwollfasern. Hydrophobe Verunreinigungen wie Pektine und Wachse werden von der Faseroberfläche entfernt. Enzymatische Verfahren können das alkalische Abkochen ersetzen. Die Enzyme, die über genmodifizierte Mikroorganismen erzeugt werden, werden in Kombination mit Tensiden (Netzmittel und Emulgatoren) und Komplexbildnern eingesetzt. Die Bleiche von enzymbehandelter Ware kann mit einer reduzierten Menge an Bleichchemikalien und Textilhilfsmitteln durchgeführt werden.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Einsatz von Natriumhydroxid - wie beim herkömmlichen alkalisch Abkochen – ist nicht mehr notwendig. Weiterhin ergeben sich im Vergleich zu herkömmlichen Vorbehandlungsschritten die folgenden Umweltentlastungen (Tabelle 4.13):

	Enzymatische Wäsche	Enzymatische Wäsche + Bleichen mit reduzierten Konzentrationen an Peroxid und Alkali
Reduzierung im Spülwasserverbrauch	20%	50%
Reduzierung der BSB-Fracht	20%	40%
Reduzierung der CSB-Fracht	20%	40%

Tabelle 4.13: Umweltentlastungen durch enzymatisches Abkochen

Anwendbarkeit

Das enzymatische Abkochen kann für Cellulose-Fasern und ihre Mischungen (Web-, Strick und Wirkwaren) in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen angewandt werden. Das enzymatische Abkochen kann mit dem enzymatischem Entschlichten kombiniert werden. Bestehende Maschinen und Verfahren (Jets, Overflows, Haspeln, pad-batch, pad-roll und pad-steam) können verwendet werden. Baumwollsamenskapseln werden beim enzymatischen Abkochen nicht entfernt; die Ablösung dieser Faserbegleitstoffe erfolgt jedoch beim Bleichen.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte treten nicht auf.

Referenzanlagen

Das enzymatische Abkochen wird in verschiedenen deutschen Veredlungsbetrieben und auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Eine typische Rezeptur für einen pad-batch-Prozess (in Kombination mit einer Entschlichtung) ist nachfolgend aufgeführt:

- Imprägnierung bei 60 °C
- 2-3 ml/l Netzmittel
- 2-5 ml/l Emulgator
- 5-10 ml enzymatische Verbindungen
- 4-6 ml/l Amylase

- 2-3 g/l Salzzusatz
- pH 8 – 9,5
- verweilen für 3 - 12 h in Abhängigkeit von Menge und Typ der Stärke, Auswaschen und Spülen.

Wirtschaftliche Aspekte

Einsparungen beim Wasser-, Chemikalien/Textilhilfsmittel- und Energieverbrauch sowie eine Verkürzung der Verfahrenszeiten sind möglich. Die Höhe der Einsparungen hängt von der jeweiligen betrieblichen Situation ab.

Gründe für die Anwendung der Technik

Für die Einführung des enzymatischen Abkochens sprechen Qualitätsaspekte (gute Reproduzierbarkeit, reduzierte Faserschädigung, gute Dimensionsstabilität der Flächengebilde, erhöhte Farbausbeute, weicher Warengriff), technische Aspekte (keine Korrosion von Metallteilen) sowie die oben aufgeführten ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte.

Literatur

[Kahle, 2000]

Kahle, V.

Bioscouring ein neues, modernes BioTech-Konzept

Produktinformation, Bayer AG, D-Leverkusen (2000)

4.2.1.2.5 Enzymatisches Entfernen von Restwasserstoffperoxid nach dem Bleichen

Beschreibung

Um reproduzierbare Bleichresultate zu erhalten, muss ein Restwasserstoffperoxidgehalt von 10 – 15% (bezüglich der Einsatzmenge) noch nach dem Bleichen vorhanden sein. Das Restperoxid muss anschließend vollständig entfernt werden, um Farbänderungen oxidationsempfindlicher Farbstoffe zu verhindern. Mit herkömmlichen Reduktionsmitteln sind mehrere Spülprozesse erforderlich. Nachteil der konventionellen Verfahren sind damit ein relativ hoher Wasser- und Energieverbrauch und der Einsatz schwefelhaltiger Reduktionsmittel. Spezielle Enzyme (Peroxidasen) katalysieren die Reduktion von Wasserstoffperoxid zu Sauerstoff und Wasser. Nebenreaktionen mit dem Substrat oder mit dem Farbstoff treten nicht auf.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Peroxidasen sind vollständig biologisch abbaubar. Spülgänge nach der Peroxidbleiche können eingespart werden (normalerweise ist nur ein Spülgang mit heißem Wasser erforderlich). Da Peroxidasen den nachfolgenden Färbeprozess nicht negativ beeinflussen, kann in Ausziehprozessen zum Teil auch auf das Ablassen der Bleichflotte vor dem nachfolgenden Färbeprozess verzichtet werden. Wasser- und Energieeinsparungen können erreicht werden. Auf den Einsatz konventioneller Reduktionsmittel kann verzichtet werden.

Anwendbarkeit

Die enzymatische Peroxidentfernung kann bei der diskontinuierlichen, semi-kontinuierlichen oder kontinuierlichen Prozessführung erfolgen. Das Verfahren wird in neuen und bestehenden Anlagen angewendet.

Cross media-Effekte

Cross media-Effekte treten nicht auf.

Referenzanlagen

Die enzymatische Peroxidentfernung wird in einer Vielzahl europäischer Textilbetriebe, aber auch weltweit angewandt.

Eine Auswahl enzymatischer Peroxidentfernungsmittelhersteller ist unten aufgeführt:

- Bayer AG, D-Leverkusen
- Dr. Petry GmbH, D-Reutlingen
- Kapp Chemie GmbH, D-Miehlen
- Chemische Fabrik Tübingen, D-Tübingen
- Ciba Speciality Chemicals, CH-Basel

Betriebsdaten

Die folgende Prozessabfolge ist typisch:

Peroxidbleiche - Flottenaustausch - ein Spülgang (heißes Wasser) - Flottenaustausch - enzymatische Peroxidentfernung - Färben ohne vorherigen Flottenaustausch.

Typische Einsatzmengen für Peroxidasen in Ausziehverfahren liegen im Bereich von 0,5 - 2,0 ml/l (40 - 60 °C; 20 min) [Bayer, 1999], bzw. 0,2 ml/l (20 - 50 °C; 10 - 15 min) [Stöhr, 1997]. In Klotzflotten liegt die Peroxidasekonzentration zwischen 1 - 6 ml/l (100% Flottenaufnahme) [Bayer, 1999].

Wirtschaftliche Aspekte

Aufgrund der Energie- und Wassereinsparungen können Kostenersparnisse im Bereich von 6 - 8% (Ausziehverfahren) erreicht werden [Gebhart, 2000].

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparpotenziale und der Trend zu umweltfreundlichen Verfahren sind die Gründe für den Einsatz der Peroxidentfernung mit enzymatischen Verfahren.

Literatur

[Bayer, 1999]

Bayer AG, D-Leverkusen
Produktinformation (1999)

[Ciba, 1998]

Ciba Speciality Chemicals, CH-Basel
Produktinformation (1998)

[Gebhart, 2000]

Gebhart, P.; Etschmann, M.; Sell, D.
Entfernung von Bleichmittelresten mit Enzymen bringt Vorteile
Melliand Textilberichte 81 (2000) 56-58

[Stöhr, 1997]

Stöhr, R.
Simplified procedure for bleaching and dyeing cotton knitwear
Sonderdruck aus Int. Dyer (1997)

4.2.1.2.6 Optimierung der Vorbehandlung von Baumwoll-Kettgarn

Beschreibung

Für die Herstellung von weißen, ungefärbten textilen Unterlagen, die unter Betttücher oder Tischdecken gelegt werden, wird Baumwollgewebe verwendet. Dafür wird Baumwoll-Kettgarn vor dem Weben gebleicht, damit das Gewebe nach dem Webprozess nicht entschlichtet werden muss. Dafür muss ein fünfstufiger Prozess zur Anwendung kommen, der aus Vornetzen/Abkochen, alkalischer Peroxidbleiche und drei Waschschritten besteht. Dabei wird das letzte Waschwasser für die erste Waschstufe verwendet. Der bestehende Prozess wurde im Detail untersucht. Mit den erhaltenen Resultaten wurde der optimierte Prozess entwickelt. Vornetzen, Abkochen und Bleichen wird zu einem Schritt zusammengefasst und das Spülen in zwei Schritten durchgeführt. Die zweite Spülflotte wird wiederverwendet.

Außerdem wurde die Wärmerückgewinnung eingeführt. Die heiße Abkoch-/Bleichflotte mit 110°C heizt in einem Wärmetauscher das Frischwasser für die erste Spülflotte auf. Die heiße Flotte wird dadurch auf 80°C abgekühlt und das Frischwasser auf 60-70°C erwärmt. Diese gekühlte Abkoch-/Bleichflotte wird in einem Tank gesammelt, dem auch die Spülflotte aus dem ersten Spülschritt zugeführt wird. Die Energie dieses Abwassers wird einem weiteren Wärmetauscher zugeführt zur Erwärmung von Frischwasser und Spülwasser für den zweiten Spülschritt. Danach werden die so gekühlten Flotten der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt, während die zweite Spülflotte zur Zubereitung der Abkoch-/Bleichflotte wiederverwendet wird.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Wasserverbrauch bzw. der Abwasseranfall vor und nach der Optimierung ist aus Tabelle 4.14 ersichtlich.

Prozesssequenz	Prozess	Wasserverbrauch für den herkömmlichen Prozess [l]	Wasserverbrauch für den optimierten Prozess [l]
1. Schritt	Netzen/Waschen	6400	6400
2. Schritt	Bleichen	5000	
3. Schritt	Kaltspülen	5000	
4. Schritt	Warmspülen	5000	
5. Schritt	Spülen und pH-Einstellung mit Essigsäure	5000	5000
Alle Schritte		26400	16400
Recycling der letzten Spülflotte		- 5000	- 5000
Gesamter Wasserverbrauch		21400	11400
Spez. Wasserverbrauch (800 kg Garn/Partie)		26,8 l/kg	14,3 l/kg
Rest-Wassergehalt des Garns		1400	1400
Abwassermenge		20000	10000
Spez. Abwassermenge		25 l/kg	12,5 l/kg

Tabelle 4.14: Optimierung des Prozesses "Kettbaumbleiche" - absoluter und spezifischer Wasserverbrauch und Abwasseranfall vor und nach Optimierung des Prozesses [van Delden, 2001]

Der Verbrauch an Chemikalien und Energie konnte auch drastisch reduziert werden. Folgende Einsparungen wurden erzielt:

- Prozessdauer ca. 50%
- Wasserverbrauch/Abwasseranfall (siehe Tabelle 4.14) ca. 50%
- NaOH ca. 80%
- H₂O₂ keine Verminderung
- Komplexbildner/Stabilisator ca. 65%
- Tenside ca. 70 %
- Optischer Aufheller keine Verminderung
- CSB-Fracht im Abwasser ca. 20%
- Energie 1,2 kg Dampf/kg Kettgarn

Anwendbarkeit

Die Optimierung des Prozesses ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen möglich. Bezüglich der Wärmerückgewinnung wird Raum für die zusätzlichen Tanks benötigt, was in einigen Fällen ein begrenzender Faktor sein kann. Die Qualität des Baumwollgarns muss berücksichtigt werden (Eisengehalt, Samenschalen etc.), um die Anwendung des Prozesses sicherzustellen.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt..

Referenzanlagen

Zwei Textilveredlungsbetriebe in Deutschland praktizieren erfolgreich den beschriebenen Prozess.

Betriebsdaten

In Tabelle 4.15 sind die Bedingungen des optimierten Prozesses zusammengestellt. Sie enthält auch die Berechnung des CSB-Inputs bzw. CSB-Outputs.

Prozessschritte und Input			
	Menge	spez. CSB-Wert und -Konzentration [mg O ₂ /g] resp. [mg O ₂ /l]	CSB-Fracht je 800 kg-Partie [kg O ₂]
<u>Netzen/Waschen/Bleichen</u>			
<ul style="list-style-type: none"> Rezept <ul style="list-style-type: none"> ➤ NaOH 38° Bé/33% ➤ H₂O₂ 35% ➤ Komplexbildner und Stabilisator ➤ Tensid ➤ Optischer Aufheller Bedingungen: pH ca. 12, 110°C, 10 min Extrahierter CSB aus dem Kettgarn 	3,5 g/l 3,0 g/l 1,0g/l 1,9 g/l 0,15 Gew-%	- - 85 1610 2600	- - 0,53 19,35 <u>3,12</u> total : 23 56
<u>Erstes Spülen</u> Bedingungen: 70°C, 15 min		3000 mg O ₂ /l	15
<u>Zweites Spülen</u> Bedingungen: 70°C, 15 min		1000 mg O ₂ /l	5
Gesamt			99 kg COD bzw. 124 g/kg

Tabelle 4.15: Rezept und Bedingungen für den optimierten Prozess einschließlich der CSB-Input- und CSB-Output-Angaben (das Aufziehen von Textilhilfsmitteln auf die Baumwollfasern wird dabei nicht berücksichtigt) - [van Delden, 2001]

Wirtschaftliche Aspekte

Die beträchtlichen Einsparungen an Zeit, Wasser, Chemikalien und Energie machen den Prozess in hohem Maße wirtschaftlich. Für den Vorbehandlungsprozess an sich werden keine zusätzlichen Anlagenteile benötigt, jedoch aber Tanks, Wärmetauscher, Rohrleitungen und regelungstechnische Einrichtungen für die Energierückgewinnung aus dem Abwasser.

Gründe für die Anwendung der Technik

Eine gegebene Umweltmotivation war der Hauptgrund für die Entwicklung des Prozesses. Allerdings hat sich der Einsatz und die Untersuchungen bezahlt gemacht.

Literatur

[van Delden, 2001]

van Delden, S.

Prozessoptimierung durch Wasserkreislaufführung und Abwasservermeidung am Beispiel einer Kettbaubleiche

Manuskripte zum BEW-Seminar "Vermeidung, Verminderung und Behandlung von Abwässern der Textilindustrie" am 06.03.2001 (2001)

4.2.1.3 Färben

4.2.1.3.1 Auszieh färben mit Airflow-Färbemaschinen

Beschreibung

Im Vergleich zu kontinuierlichen Prozessen benötigen die diskontinuierlichen Prozesse zur Textilveredlung mehr Wasser und Energie. Seit langem bestehen Anstrengungen, die diskontinuierlichen Prozesse in Bezug auf Produktivität, Effizienz und hinsichtlich Minimierung des Energie- und Wasserverbrauchs stetig zu verbessern. Dies führte zu den Färbejets. Dabei wurden die Flottenverhältnisse Schritt für Schritt verkleinert. Die neuesten Entwicklungen haben Flotten-verhältnisse von 1:3 (für Polyester-Webware) und 1:4,5 (für Baumwoll-Webware). Um solch niedrige Flottenverhältnisse zu erreichen, wird das Substrat innerhalb der Maschine mittels feuchter Luft oder einer Mischung aus Dampf und Luft (keine Flüssigkeit) zusammen mit einer Haspel bewegt. Die zubereiteten Lösungen für Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Grundchemikalien werden in den Gasstrom eingedüst. Das Flottenniveau liegt immer unter dem der veredelten Textilien, um die niedrigen Flottenverhältnisse zu gewährleisten. Das Prinzip einer solchen Airflow-Färbemaschine ist in Abbildung 4.16 dargestellt.

Das Spülen wird in einer kontinuierlichen Art und Weise durchgeführt. Während der gesamten Spülzeit ist das Bodenventil geöffnet und das Spülwasser wird ohne Kontakt mit dem Textilsubstrat (was in herkömmlichen Maschinen der Fall ist) abgelassen (Abbildung 4.17). Dies ermöglicht auch das Ablassen von heißen Flotten, auch nach einer Hochtemperaturfärbung bei 130°C. Auf diese Weise kann zusätzlich zur Zeitersparnis ein Höchstmaß an Wärmerückgewinnung erzielt werden. Das Textilsubstrat selbst wird mit geringer Spannung veredelt und die Faltenbildung ist minimiert.

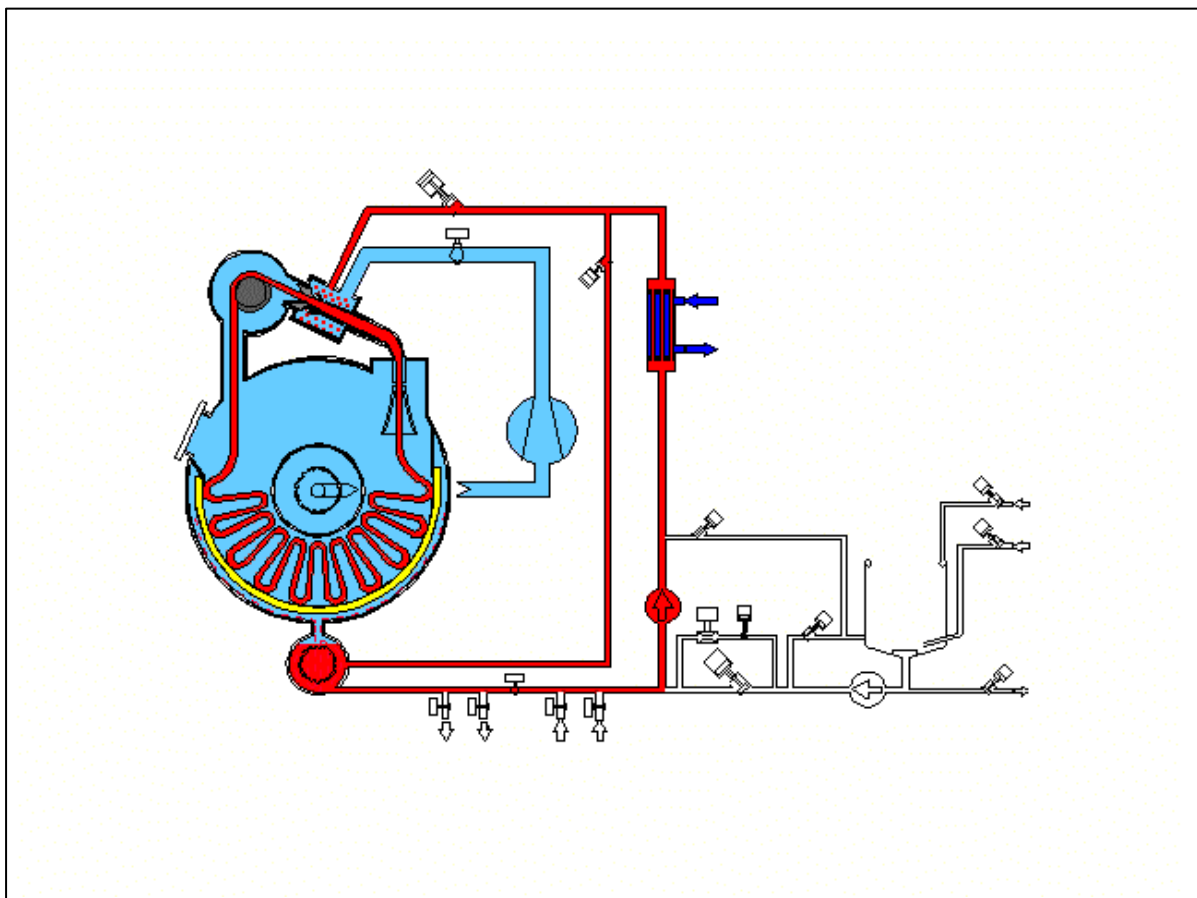


Abbildung 4.16: Schema einer Airflow-Färbemaschine (Jet) mit Illustrierung der Luftzufuhr und Eindüsung der jeweiligen Flotte

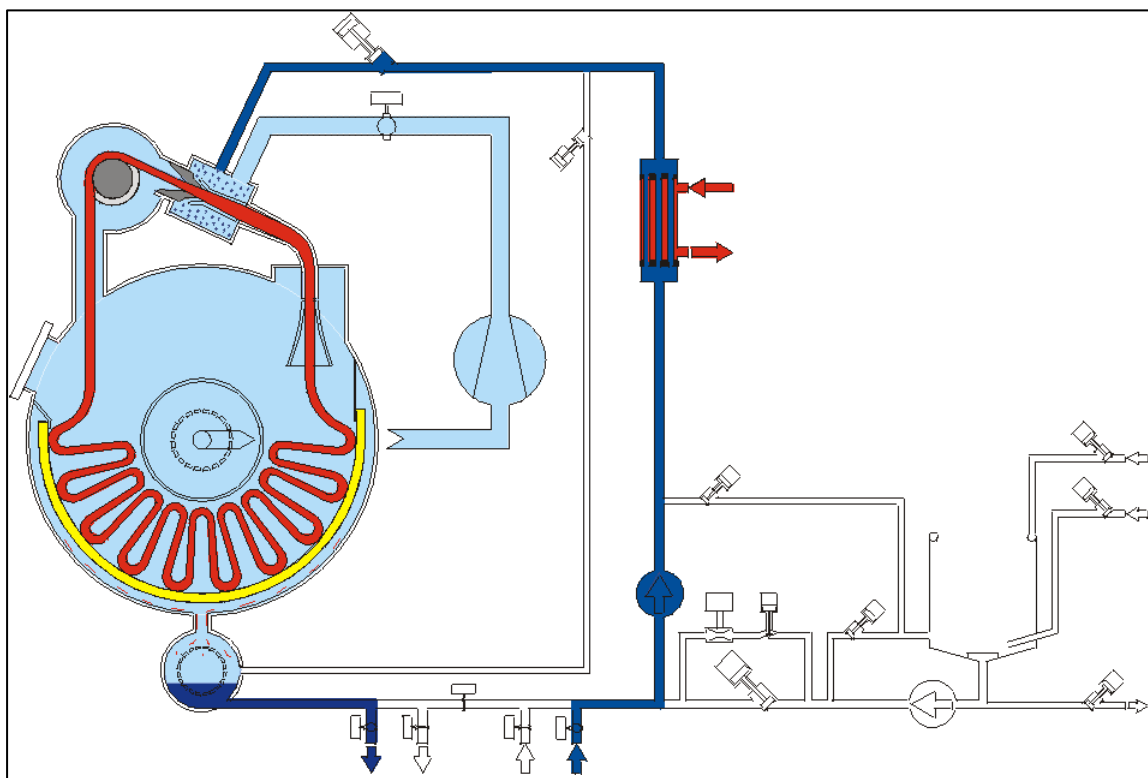


Abbildung 4.17: Darstellung des Spülprozesses in einer Airflow-Färbemaschine (Jet) mit offenem Ventil für das kontinuierliche Spülen

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Durch das niedrige Flottenverhältnis und praktisch kontinuierlichem Spülen werden Wassereinsparungen in der Größenordnung 50% erzielt im Vergleich zu Maschinen mit hydraulischen Systemen (das Substrat wird mittels Eindüsen von Veredlungsflotte und einer Haspel bewegt) mit einem Flottenverhältnis von 1:8 bis 1:12. Das gleiche gilt für die Heizenergie. Weiterhin bestehen Einsparungen an Hilfsmitteln und Grundchemikalien um 40%. Die Einsparungen sind in Tabelle 4.16 für das Auszieh-färben mit Reaktivfarbstoffen zusammengestellt.

Input	Einheit	Herkömmliches Auszieh-Färben Bei FV 1:8 bis zu 1:12	Auszieh-färben in einem Airflow- System bei FV 1:4.5
Wasser	[l/kg]	100 - 150	20 - 80
Hilfsmittel	[g/kg]	12 - 72	4 - 24
Salz	[g/kg]	80 - 960	20 - 320
Farbstoffe	[g/kg]	5 - 80	5 - 80
Dampf	[kg/kg]	3,6 - 4,8	1,8 - 2,4
Strom	[kWh/kg]	0,24 - 0,35	0,36 - 0,42

Tabelle 4.16: Vergleich der spez. Input-Faktoren für das Auszieh-Färben mit Reaktivfarbstoffen in Färbejets bei einem Flottenverhältnis (FV) von 1: 8 bis zu 1:12 (herkömmlich) sowie in einem Airflow-System

Anwendbarkeit

Der Einsatz dieser Technik benötigt die Investition in neue Maschinen (wie z.B. in Abbildung 4.18). Bestehende Maschinen können nicht nachgerüstet werden. Diese neuen Maschinen können sowohl für Maschinenware als auch für Webware und für nahezu alle Arten von Textilsubstraten genutzt werden. Gewebe oder Maschinenware aus Wolle oder Wollmischungen mit einem Wollanteil von mehr als 50% können wegen Verfilzung nicht gefärbt werden. Es kann auch nicht das Färben von Leinen empfohlen

werden wegen Ablagerungen von Flusen in den Maschinen. Für Seide gilt die Anwendung des Systems als erfolgreich; allerdings wird es dafür noch selten eingesetzt.

Für das Färben mit Küpen- und Schwefelfarbstoffen ist ein Verfahren zur Minimierung der Oxidation dieser Farbstoffe entwickelt worden. Dazu wird in Dampfatmosfera gefärbt.

Artikel mit einem Anteil an Polyurethanfasern (Lycra) bereiten hinsichtlich der Formstabilität immer Schwierigkeiten, aber auch sie können mit dem Airflow-System gefärbt werden. Auch das Färben anderer Substrate wie Polyester und Polyester/Wolle-Mischungen mit sehr begrenzter Formstabilität ist schwierig oder überhaupt nicht möglich..

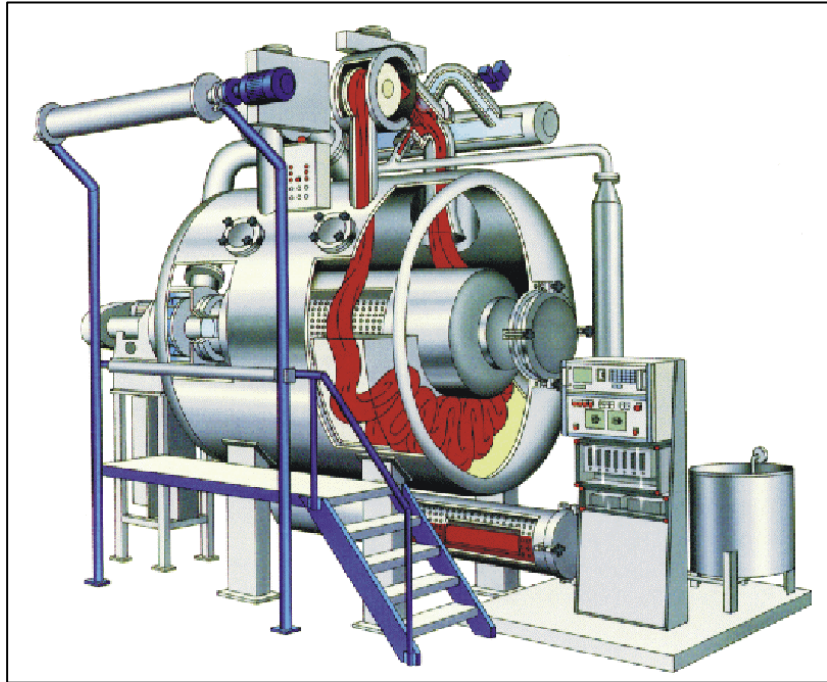


Abbildung 4.18: Beispiel für eine Airflow-Färbemaschine

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Weltweit sind Airflow-Färbemaschinen in vielen Textilveredlungsbetrieben im Einsatz. Es gibt nur einen Hersteller, in dessen Maschinen das Textilsubstrat nur durch Luft bewegt wird (THEN GmbH, D-74523 Schwäbisch Hall), wodurch der niedrigste Wasserverbrauch erreicht wird. Es gibt mehrere weitere Hersteller von Maschinen, bei denen das Textilsubstrat durch Luft und Flotte bewegt wird (z.B. Thies GmbH, 48653 Coesfeld; MCS, I-24059 Urgnano - Bergamo; Scholl AG, CH-5745 Safenwil; Krantz Textiltechnik, D-41006 Mönchengladbach).

Betriebsdaten

Die Airflow-Färbemaschine verbindet hohe Produktivität und Reduzierbarkeit mit einer Reduzierung des Wasser-, Chemikalien- und Energieverbrauchs.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für Airflow-Färbemaschinen liegen im Vergleich zu herkömmlichen Färbejets rund ein Drittel höher. Allerdings können durch die hohen Einsparungen kurze Amortisationszeiten erzielt werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die hohe Produktivität und Reproduzierbarkeit und die Minimierung des Wasser-, Chemikalien- und Energieverbrauchs waren und sind die wichtigsten Gründe für die Anwendung dieser Technik.

Literatur

[Adrion, 1997]

Vielfalt der Veredlung durch das aerodynamische System

Textilveredlung 32 (1997) 16-21

[Adrion, 2001]

Ökofärben - Perspektiven mit dem aerodynamischen System

Manuskript zum Seminar "Vermeidung, Verminderung und Behandlung von Abwässern der Textilveredlung" am 06.03.2001 (2001)

4.2.1.3.2 Minimierung der Farbflottenverluste beim KKV-Färben

Beschreibung

Das Klotz-Kaltverweil-Verfahren (KKV) ist eine weitverbreitete Technik für das semi-kontinuierliche Färben von Gewebe- und Maschenware aus cellulosischen Fasern (hauptsächlich Baumwolle und Viskose) mit Reaktivfarbstoffen. Die Farbstofflösung und das für die Fixierung benötigte Alkali werden einem Behälter zugeführt (Färbetrog oder Färbechassis), in dem das Textilsubstrat imprägniert (geklotzt) wird (Abbildung 4.19).

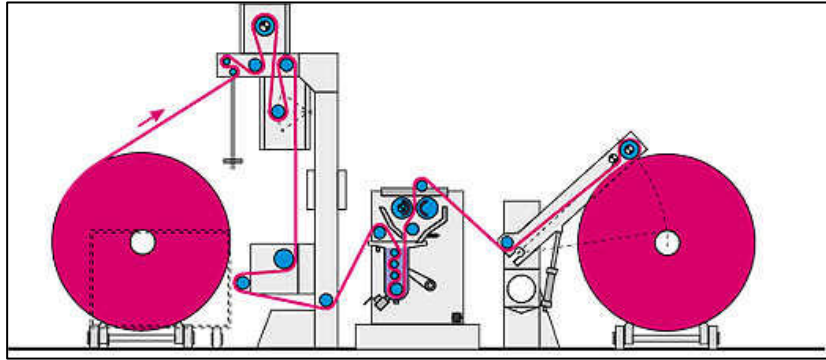


Abbildung 4.19: Typisches Schema für das Klotz-Kaltverweil-Verfahren (KKV)

Zur Minimierung der Flottenverluste kann der Auftrag der Färbeflotte in einem Zwickel (Abbildung 4.20) oder in einem Volumen-minimierten Trog (Abbildung 4.21) erfolgen.

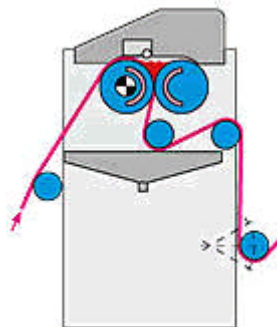


Abbildung 4.20: Schema für das Klotz-Kaltverweil-Verfahren mit Aufbringen der Färbeflotte in einem Zwickel

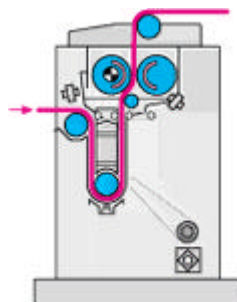


Abbildung 4.21: Schema für das Klotz-Kaltverweil-Verfahren mit Aufbringen der Färbeflotte mit einem Volumen-minimierten Trog (hier: U-Trog)

Beim Auftrag der Färbeflotte im Zwickel kann der Flottenverlust auf 5 Liter pro Färbepartie und in einem Volumen-minimierten auf 12 Liter pro Färbepartie minimiert werden. Für beide Werte beträgt die Länge des Zwickels bzw. des Trogs 1800 mm.

Die Verluste an Färbeflotte können nicht nur durch die Minimierung des Trogvolumens, sondern auch durch folgende zusätzliche Maßnahmen minimiert werden:

- Minimierung des Hilfsmittelverbrauches durch Dosierung der Hilfsmittel in Abhängigkeit von der Farbtiefe. Dabei werden Farbstofflösung und Hilfsmittel separat und rezeptspezifisch dosiert und erst unmittelbar vor Zugabe in den Färbetrog gemischt.
- Online-Messung der Flottenaufnahme (Bestimmung des Verbrauchs an Färbeflotte sowie der Menge an gefärbtem Substrat (Messung von Länge und spezifischem Gewicht)). Die bestimmten Werte werden elektronisch automatisch verarbeitet und für die Berechnung der Flottenmenge für die nächste vergleichbare Färbepartie benutzt. Damit können Übermengen und damit Verluste an Färbeklotzflotte minimiert werden.
- Anwendung der "Rapid Batch Technik"; die Reste an Farbflotte in den Vorlagebehältern (siehe Abbildung 4.22) wird minimiert, was mindestens genauso wichtig ist wie die Minimierung des Trogvolumens. Bei dieser Technik wird nicht zu Beginn der Färbepartie die gesamte Farbstoffflottenmenge zubereitet, sondern just-in-time in mehreren Schritten. Dies kann durch Online-Messung der Flottenaufnahme bewerkstelligt werden (siehe oben). Abbildung 4.22 zeigt die Dosierung der Färbeflotte und verschiedenen Hilfsmitteln, die für die Fixierung von Reaktivfarbstoffen benötigt werden.

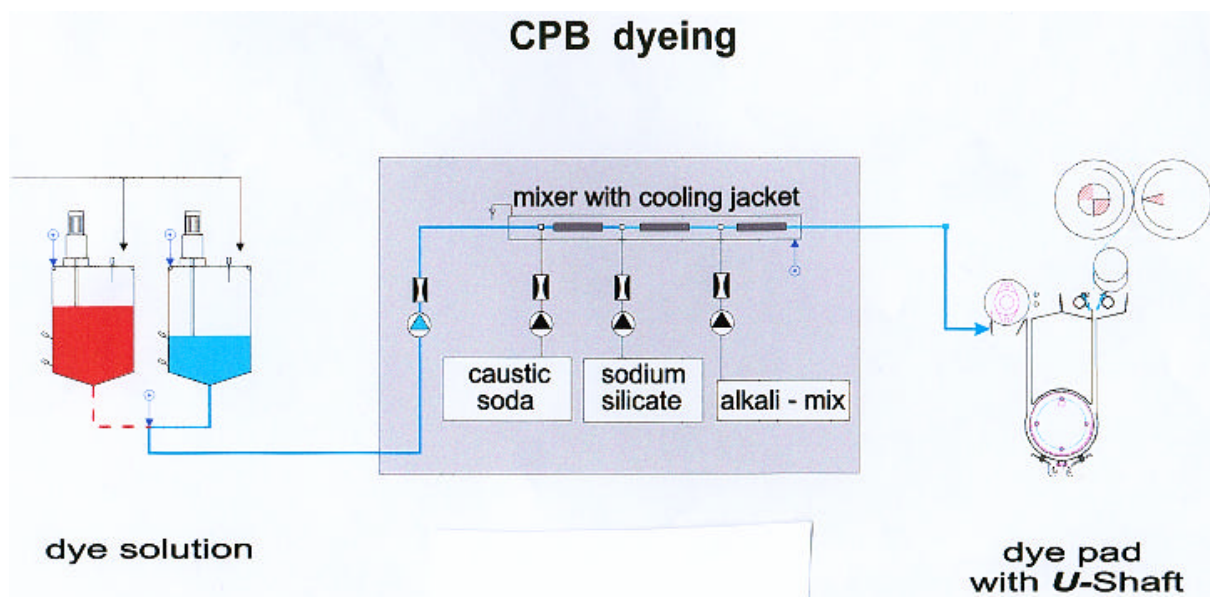


Abbildung 4.22: Typisches Schema für die automatische Flottendosierung für das KKV-Färben
 CPB dyeing = KKV-Färben, dye solution = Farbstoff-Lösung, Mixer with cooling jacket = Mischeinheit mit Kühlung, caustic soda = Natronlauge, sodium silicate = Natriumsilikat, alkali mix = Alkali-Mischung, dye pad with U-shaft = U-Trog für das Klotzen der Farbstofflösung

Die automatische Prozesskontrolle gewährleistet eine hohe Betriebssicherheit bei hoher Verlässlichkeit der automatischen Flottenzubereitung. Auf diese Weise ermöglicht ein ganzes Bündel von Maßnahmen eine bedeutende Reduktion der Verluste an Farbstoffklotzflotte.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Verluste an Farbklotzflotte können durch Volumen-minimierte Auftragssysteme von 30 bis zu 100 Liter auf 12 Liter, beim Färben im Zwickel sogar auf 5 Liter reduziert werden.

Automatische Dosiersysteme in Verbindung mit der Online-Messung der Flottenaufnahme ermöglichen eine Minimierung der überschüssigen Farbstoffflotte in den Vorlagebehältern von bis zu 150 Liter auf 5-15 Liter.

Außerdem kommen die neuen Systeme mit einer geringeren Menge an Spülwasser aus (ca. 25% Einsparung).

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl für bestehende als auch für neue KKV-Anlagen einsetzbar.

Das Färben im Zwickel ist nur für leichtes Gewebe und Maschenware (bis zu 220 g/m) bei guter Netzbarkeit möglich.

Im Falle von gebürsteter oder gescherter Ware kann die Flottenaufnahme nicht ausreichend sein, wodurch die Reproduzierbarkeit beeinträchtigt wird. Besondere Aufmerksamkeit ist bei Maschenware und Elastikware erforderlich.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

In Europa und weltweit sind derzeit um die 40 Anlagen erfolgreich in Betrieb. Diese Anlagen sind mit einer Einrichtung zur spezifischen Dosierung von Alkali ausgerüstet. Die Rapid Batch Technik wird für Flüssigfarbstoffe in einem Textilveredlungsbetrieb erfolgreich appliziert und befindet sich auf dem Stand der Markteinführung.

Hersteller:

- E. Küsters Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, division textile- Prozesstechnik, D-47805 Krefeld
- Kleinewefers Textilmaschinen GmbH, D-47803 Krefeld
- Seybert & Rahier GmbH & Co. Betriebs-KG, 34376 Immenhausen

Betriebsdaten

Die regelmäßige Kontrolle der Dosiersysteme wie zum Beispiel der Pumpen ist sehr wichtig. Die Bestimmung der Flottenaufnahme muss von Zeit zu Zeit überprüft werden. Dies bedeutet die Überprüfung der Längenmessung und die Bestimmung des spezifischen Gewichtes und standardisierten Bedingungen des zu färbenden Substrates (nicht des Textilsubstrates vor der textilen Vorbehandlung). Auf diese Weise kann die Genauigkeit des Systems beibehalten werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionen für das automatische Dosiersystem und für den Volumen-minimierten Trog betragen ca. 85.000 EURO (bezogen auf eine Breite von 1800 mm). Im Falle von 15 Färbepartien pro Tag, 230 Arbeitstagen pro Jahr, einer Reduzierung der Verluste von 50 Litern pro Färbepartie und einem Farbflottenpreis von 0,5 EURO/Liter ergeben sich Einsparungen von ca. 85.000 EURO. Dies bedeutet eine kurze Amortisationszeit. Dabei sind die zusätzlichen Kosten für die Abwasserentsorgung nicht berücksichtigt.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Notwendigkeit die Reproduzierbarkeit und Produktivität zu erhöhen und die Farbigkeit des Abwassers sind die Hauptgründe für die Einführung der Technik.

Literatur

[Hartmann, 1997]

Hartmann, W.

Bessere KKV-Färberesultate mit innovativer Maschinenteknologie

ITB Färberei/Druckerei/Ausrüstung (1997), Nr. 3, 39-46

4.2.1.3.3 Silikatfreies KKV-Verfahren

Beschreibung

Weltweit hat das KKV-Färben einen Anteil von ca. 16%. Diese Technik wurde eine wichtige Färbemethode mit zunehmender Bedeutung. In den frühen 70er Jahren wurde Natriumsilikat in das KKV-Verfahren eingeführt, hauptsächlich um die Flottenstabilität zu erhöhen. Allerdings hatten die Färbereien von da an auch Probleme mit dem Einsatz von Natriumsilikat, insbesondere durch Ablagerungen. Nun sind silikatfreie, hochkonzentrierte Alkali-Lösungen speziell für moderne Dosiertechniken und für neu konstruierte Auftragstechniken mit reduziertem Flottenvolumen entwickelt worden. Die Lösung wird anwendungsfertig bezogen und muss nicht mehr vom TVB zubereitet werden. Es handelt sich um eine sorgfältig eingestellte Mischung von Alkalien in wässriger Lösung.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

In Verbindung mit hochfixierenden Reaktivfarbstoffen (siehe die entsprechend beschriebene Technik) ergeben sich folgende Vorteile:

- Keine Alkalireste in einem Ansatzbehälter, da das Alkali als fertigzubereitete und zugekaufte Lösung dosiert wird.
- Keine Ablagerungen (wie im Falle von Silikaten) in der KKV-Färbeapparatur und einfache Reinigung derselben
- Keine Erfordernis der Zugabe von Hilfsmitteln zur Vermeidung von Ablagerungen in der KKV-Färbeapparatur
- Niedriger Elektrolytgehalt, was die Substantivität von hydrolysiertem Farbstoff beim Auswaschen reduziert (reduzierter Energie- und Wasserverbrauch)
- Der Einsatz von Membrantechniken zur Abwasserbehandlung ist möglich (keine Ausfällungen in Filtern, Rohren und Ventilen und keine Verblockung der Membrane, was beim Einsatz von Natriumsilikat der Fall ist).

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen anwendbar. Bei bestehenden Anlagen sind jedoch zusätzliche Maßnahmen zur Prozessoptimierung und -kontrolle erforderlich.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekt sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

In Europa gibt es viele Textilveredlungsbetriebe, die fertigzubereitete Alkalilösungen einsetzen, vor allem in Italien (z.B. Miroglio), aber auch in Frankreich (z.B. T.I.L., F-Lyon), Deutschland (z.B. Riedel&Tietz Textil GmbH, D-09212 Limbach-Oberfrohna) und Österreich (z.B. Fussenegger, A-Dornbirn).

Betriebsdaten

Die Alkalilösungen sind für das direkte Dosieren konzipiert worden. So sind die bezogenen, fertigformulierten Alkalilösungen als solche dosierbar.

Verfügbare Online-Dosiersysteme nach dem Stand der Technik sind z.B. bei folgenden Firmen verfügbar:

- Küsters, D-47805 Krefeld: Contidos SF
- Kleinewefers KTM, D-47803 Krefeld: Inline-Mix
- Mutschink, D-47918 Tönisvorst: KM Inline Mix

Die Alkalilösung kann mit herkömmlichen Membranpumpen nach dem Stand der Technik dosiert werden, wie z.B. von sera - Seybert&Rahier GmbH, D-34376 Immenhausen oder von Bran&Lübbe GmbH, D-42499 Hückeswagen mit einem Dosierverhältnis von 4:1 (Farbstofflösung zu Alkalilösung).

Abbildung 4.23 zeigt eine typische Dosierkurve. Der Vorteil einer Kurve besteht in einer Erhöhung der Reproduzierbarkeit, da ein bestimmtes Verhältnis von Alkali zu Farbstoff festgelegt ist.

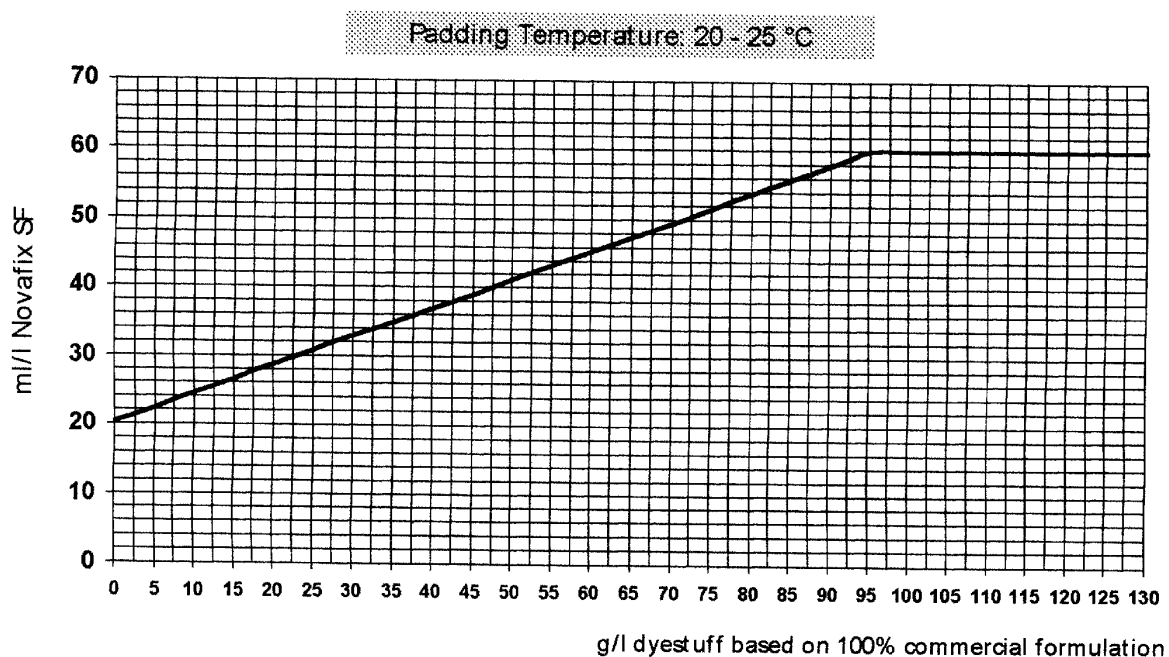


Abbildung 4.23: Dosierung der gebrauchsfertigen Alkali-Lösung in Abhängigkeit von der Farbstoffkonzentration, Padding Temperature = Temperatur der aufgetragenen Farbstoff-Lösung, dyestuff based on 100% commercial formulation = Farbstoff auf der Basis der bezogenen Formulierung

Lieferant: Bilgram GmbH, D-88348 Bad Saulgau

Wirtschaftliche Aspekte

Im Vergleich zu herkömmlichen Fixiermethoden ist der Einsatz von fertigformulierten Alkalilösungen bezüglich des Kilopreises teurer. Als silikatfreie Lösung ist die Flottenstabilität tendenziell geringer, weshalb ihr Einsatz eine effektivere Temperaturkontrolle (Kühlung/Beheizung) erfordert. Allgemein gesprochen erfordert es mehr Aufwand in die Infrastruktur rund um die Farbflottenapplikation, um konstante Bedingungen zu gewährleisten. Die fertigformulierte Alkalilösung wurde für moderne optimierte Farbstofftröge (Farbstoffchassis) (siehe die beschriebene Technik "Minimierung der Farbstoffflottenverluste beim KKV-Färben") mit sehr niedrigem Flottenvolumen und kurzer Flottenkontaktzeit entwickelt. Deshalb besteht kein Bedarf nach hoher Flottenstabilität. Bei den Kosten sind auch folgende Vorteile zu berücksichtigen:

- Die Investition in moderne Dosiereinheiten ist billiger, da nur zwei Dosiereinheiten benötigt werden (eine für Farbstoff und eine für die fertigformulierte Alkalilösung). Herkömmliche Fixiermethoden auf Silikatbasis benötigen immer drei Dosiereinheiten (eine für Farbstoff, eine für Silikat und eine für Natronlauge). Eine Dosiereinheit kostet ca. 12.000 EURO.
- Kein häufiger Wechsel der Gummierung wegen Silikatablagerungen. In Deutschland betragen die Kosten für die Entfernung der Gummierung einer KKV-Apparatur 7.000 - 10.000 EURO.
- Deutlich bessere Auswaschbarkeit von hydrolisiertem Farbstoff, was einen geringeren Energie- und Wasserverbrauch bedeutet.
- Höhere Produktivität der KKV-Apparatur und der nachgeschalteten Waschmaschinen.
- Bessere Reproduzierbarkeit wegen definierter und kontrollierter Bedingungen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik sind:

- Bessere Reproduzierbarkeit
- Reduzierung der Verfahrenskosten
- Einfacher Umgang mit der Alkalilösung, keine Ablagerungen und bessere Auswaschbarkeit

- Möglichkeit des Einsatzes von Membrantechnik zur Abwasserbehandlung
- Möglichkeit der Dosierung der Alkalilösung in fertigzubereiteter Form ohne Probleme durch Ausfällungen

Literatur

The cold pad-batch process – future oriented technology

Melliand Textilberichte 81 (2000)

[Patent, 1998]

Deutsches Patent (19849898.5), (November, 1998)

„Wässrige alkalihaltige Formulierung und deren Verwendung in Verfahren zum Färben von cellulosischen Textilmaterialien“

4.2.1.3.4 Ausziehfarben von cellulosischen Fasern mit polyfunktionellen Reaktivfarbstoffen

Beschreibung

Polyfunktionale Reaktivfarbstoffe enthalten mehr als eine Reaktivgruppe in jedem Farbstoffmolekül, was hohe Fixierraten beim Ausziehfarben ermöglicht. So kann im Vergleich mit herkömmlichen Farbstoffen mit geringerer Farbstoffmenge die gleiche Farbtiefe erzielt werden. Weiterhin wird die Abwasserbelastung mit nicht fixierten Farbstoffen geringer. Abbildung 4.24 zeigt ein Beispiel für die chemische Struktur solcher Farbstoffe.

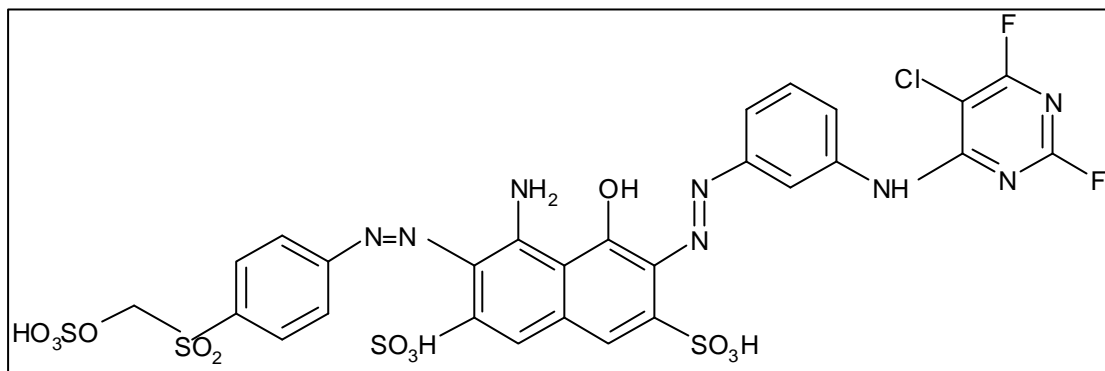


Abbildung 4.24: Beispiel für die chemische Struktur für einen polyfunktionalen Reaktivfarbstoff mit zwei unterschiedlichen Reaktivgruppen

In den vergangenen Jahren haben innovative Farbstoffhersteller solche Farbstoffe entwickelt und eingeführt, auch als Folge der zunehmenden Notwendigkeit zur Reduzierung der Farbigkeit im Abwasser. Beispiele für solche hochfixierenden Farbstoffe sind:

Cibacron FN-Farbstoffe (warm) (Ciba)
Cibacron H-Farbstoffe (heiß) (Ciba)
Drimarene HF-Farbstoffe (Clariant)
Levafix CA-Farbstoffe (Dystar)
Procion H-EXL/XL+ -Farbstoffe (DyStar)
Sumifix HF-Farbstoffe (Sumitomo)

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Reduzierte Farbstofffracht

Der Hauptvorteil beim Einsatz polyfunktioneller und hochfixierender Reaktivfarbstoffe ist die reduzierte Farb- und CSB-Fracht im Abwasser.

Im Falle von Reaktivfarbstoffen mit zwei oder noch mehr reaktiven Gruppen ähnlicher Reaktivität ist die Wahrscheinlichkeit für die Bildung einer kovalenten Bindung mit den Hydroxylgruppen der Cellulose deutlich erhöht.

Die Fixierung eines Reaktivfarbstoffes auf Cellulose kann entweder als Anteil angewandter Farbstoffmenge zum tatsächlich fixierten (Fixierrate, die manchmal auch als absolute Fixierung bezeichnet wird) oder als Anteil ausgezogener Farbstoffmenge zur tatsächlich eingesetzten (Ausziehrate, manchmal auch als Fixiereffizienz bezeichnet) angegeben werden.

Im Falle von monofunktionellen Farbstoffen beträgt die Fixierrate um 60% (bei einer Ausziehrate um 70%), sodass 40% der applizierten Farbstoffmenge mit dem Abwasser verloren gehen. Letzteres muss entfärbt werden, bevor es in ein Gewässer eingeleitet werden kann.

Im Falle von Reaktivfarbstoffen, die zwei oder mehr reaktive Gruppen tragen, ist die Wahrscheinlichkeit einer Reaktion mit der Cellulose erhöht, was in Fixierraten um 80% bzw. in Ausziehraten von mehr als 90% resultiert. Dies führt zu einem deutlich geringeren Farbstoffeinsatz und zu einer deutlichen Reduzierung der Verluste mit dem Abwasser.

Reduzierter Salzverbrauch

Höhere Auszieh- und Fixierraten bedeuten auch einen geringeren Farbstoffeinsatz zum Erreichen einer vorgegebenen Farbtiefe und somit auch einen geringeren Salzeinsatz.

Reduzierter Wasser- und Energieverbrauch

Höhere Fixierraten bedeuten eine geringere Menge an nichtfixierten Farbstoffen, die nach dem Färbeprozess entfernt (ausgewaschen) werden müssen, um die erforderlichen Echtheiten zu erreichen. Dies bedeutet geringeres Spülen und Seifen, was zu beträchtlichen Einsparungen an Wasser und Energie führt.

Zum Beispiel weisen die kürzlich eingeführten Farbstoffe "Levafix CA" (DyStar) und "Cibacron FN" (Ciba) sehr hohe Fixierraten auf, weshalb deutlich weniger Wasser und Energie zum Auswaschen erforderlich sind.

Eine Neuentwicklung von Dystar (Procion XL+ -Farbstoffe) ermöglicht eine deutliche Verkürzung der Prozessdauer für bestimmte Substrate, indem die Vorbehandlungs- und Färbeschritte zusammengefasst und solche polyfunktionellen Farbstoffe eingesetzt werden, die bei 90°C fixieren. Einsparungen von bis zu 40% an Wasser und Energie sollen erreichbar sein.

Reduzierte AOX-Fracht

Einige der neu eingeführten polyfunktionellen Farbstoffe weisen eine Kombination von Reaktivgruppen auf Basis von modifizierten Vinylsulfonen oder heterocyclischen Fluorverbindungen auf. Dies bedeutet, dass sie nicht zum AOX im Abwasser beitragen. Beispiele sind:

Levafix CA-Farbstoffe (Dystar)

Cibacron FN-Farbstoffe (Ciba)

Ausgewählte Drimarene HF-Farbstoffe (Clariant)

Anwendbarkeit

Hochfixierende Reaktivfarbstoffe können für alle Arten von Färbemaschinen angewandt werden. Sie bieten aber besondere Vorteile bei modernen, automatisierten Maschinen mit niedrigem Flottenverhältnis, bei denen zusätzliche Vorteile durch reduzierten Energie- und Wasserverbrauch erreichbar sind.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Hochfixierende, polyfunktionelle Reaktivfarbstoffe sind in Europa und weltweit seit vielen Jahren im Einsatz.

Betriebsdaten

Die einzelnen Hersteller liefern umfangreiche technische Informationen zu ihren hochfixierenden Farbstoffen mit detaillierten Angaben zum Salzbedarf in Abhängigkeit von der Farbtiefe, zum Textilsubstrat, zur Färbetechnik usw.. Diese Empfehlungen sind auch entwickelt worden, um ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit zu gewährleisten und die "Right-First-Time" zu maximieren.

Wirtschaftliche Aspekte

Bezüglich des Kilopreises sind die polyfunktionellen Reaktivfarbstoffe im Vergleich zu den herkömmlichen monofunktionellen Reaktivfarbstoffen teurer. Allerdings können die gesamten Prozesskosten bei Beachtung der hohen Fixierraten, der Einsparungen an Salz und dem reduzierten Wasser- und Energieverbrauch deutlich reduziert werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Der Hauptgrund für die Einführung hochfixierender, polyfunktioneller Reaktivfarbstoffe war die Einführung von gesetzlichen Anforderungen, die die Ableitung von farbigen Abwässern in öffentliche Kanäle (Indirekteinleiter) oder Gewässer (Direkteinleiter) begrenzen. Die meisten europäischen Länder haben Grenzwerte für die spektralen Absorptionskoeffizienten bei verschiedenen Wellenlängen

erlassen, die seitens der Einleiter einzuhalten sind. Dies bedeutet auch eine Erhöhung der Kosten für die Entfärbung beim Betrieb selbst oder auf den kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen.

In einigen Ländern bestehen auch Grenzwerte für den Parameter AOX.

Ein ebenso wichtiger Grund für die Einführung dieser Technik ist die Reduzierung der gesamten Prozesskosten. Der Einsatz von hochfixierenden Farbstoffen bei hoher "Right-First-Time"-Produktion leistet dazu einen beträchtlichen Beitrag.

Literatur

[Büttler, 2000]

Büttler, B.; Galafassi, P.; Hannemann, K.

Vorteilhafte Kombination-Umweltverträgliche Produkte mit besserer Ökonomie

Melliand Textilberichte 81 (2000) 382-385

[Easton, 1995]

Easton, J.R.

The dye maker's view

in "Colour in Dyehouse Effluent", edited by Cooper, P.

Society of Dyers and Colourists, Bradford West Yorkshire BDI 2JB, England (1995) 9-21

[Ebenezer, 2001]

Ebenezer, W.J.; Hutchings, M.G.

Super-Efficient Dyes for the Coloration of Cotton: The Procion XL+ Range

Green Chem. (2001) 3, G10-G13

[Eden]

Eden, B.; Schaffeld, M.

Levafix CA – ein neues, Hochleistungs-Reaktivfarbstoffs-Sortiment

Melliand Textilberichte 81 (2000) 386-390.

[Taylor, 2000]

Taylor, John A.

Recent Developments in Reactive Dyes

Review of Progress in Coloration 30 (2000) 93-107

4.2.1.3.5 Ausziehfarben von cellulosischen Fasern mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen

Beschreibung

Traditionell werden zum Ausziehfarben von cellulosischen Fasern mit Reaktivfarbstoffen große Mengen an Neutralsalz benötigt; üblicherweise 50-60 g/l, aber bis zu 100 g/l für dunkle Färbungen. Mittlerweile haben verschiedene Hersteller neue Farbstoffe und Färbeverfahren entwickelt, wozu nur zwei Drittel dieser Menge notwendig sind.

Beispiele für diese Farbstoffe sind:

Cibacron LS-Farbstoffe (Ciba)

Levafix OS-Farbstoffe (Dystar)

Procion XL+ -Farbstoffe (Dystar)

Sumifix HF-Farbstoffe (Sumitomo)

Diese Low-Salt-Reaktivfarbstoffe sind polyfunktionell (d.h. sie enthalten mehr als eine Reaktivgruppe) und weisen hohe Fixierraten auf (siehe die beschriebene Technik "Ausziehfarben von cellulosischen Fasern mit polyfunktionellen Reaktivfarbstoffen"). Neben der geringeren Salzbelastung bringt dies den Vorteil einer geringeren Farbfracht im Abwasser mit sich.

Abbildung 4.25 gibt die Molekülstruktur für zwei solcher Farbstoffe wieder.

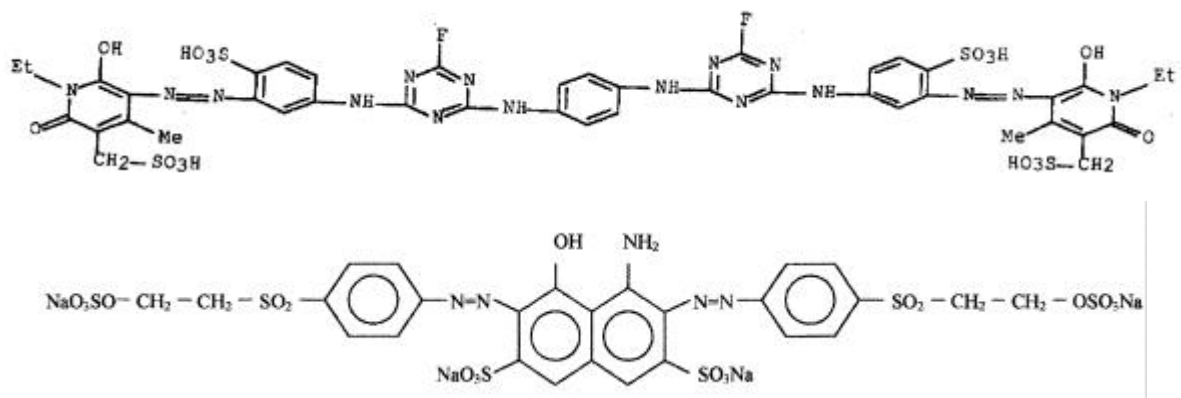


Abbildung 4.25: Zwei Beispiele für polyfunktionelle Reaktivfarbstoffe - der obere hat zwei Monofluor-triazin-Reaktivgruppen, die die chromophoren Gruppen miteinander verbinden und der untere (reactive black 5) hat zwei Vinylsulfon-Reaktivgruppen; es gibt auch Reaktivfarbstoffe mit zwei unterschiedlichen Reaktivgruppen

Diese Farbstoffgammen sind auch für moderne Färbemaschinen mit niedrigem Flottenverhältnis entwickelt worden, was weitere Reduzierungen der insgesamt benötigten Salzmenge zum Färben ermöglicht (Tabelle 4.17).

	Kufe FV 20:1	Jet FV 10:1	Jet mit niedrigem FV: FV 5:1
Herkömmliche Reaktivfarbstoffe (60g/l Salz)	1200 kg	600kg	300kg
Low-Salt-Reaktivfarbstoffe (40g/l Salz)	800 kg	400 kg	200 kg

Tabelle 4.17: Menge an benötigtem Salz für das Ausziehfarben mit Reaktivfarbstoffen von 1000 kg Substrat bei einer mittleren Farbtiefe

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Salzverbrauch für das Auszieh färben mit diesen Reaktivfarbstoffen ist um ein Drittel niedriger im Vergleich zum Färben mit herkömmlichen Reaktivfarbstoffen. Dies hat einen positiven Effekt auf den Salzgehalt des Abwassers und auf den Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen. Der deutlich niedrigere Salzverbrauch ermöglicht auch geringere Zeiten zum Lösen des Salzes. Eine Automatisierung der Salz- oder Solezugabe wird durch die niedrigeren Salzmen gen begünstigt. Bei der Reduzierung der Salzmenge ist es von Bedeutung, dass das Niveau der Reproduzierbarkeit erhalten bleibt, weil dies einen wichtigen Einfluss auf den spezifischen Wasser- und Energieverbrauch hat. Bei niedrigen Flottenverhältnissen ist aufgrund der mechanischen Farbstoffaufnahme die Substantivität des Farbstoffes erhöht und somit auch die Auszieh- und Fixierraten, allerdings in geringerem Umfang.

Es ist zu betonen, dass das Spülen nach dem Färben effiziente Waschbedingungen erfordert, da die nichtfixierten Anteile der hochaffinen Low-Salt-Reaktivfarbstoffe schwieriger auswaschbar sind.

Hochaffine Low-Salt-Reaktivfarbstoffe können auch bevorzugt zum einbadigen Färben von Polyester/Baumwollmischungen eingesetzt werden, was Zeit, Wasser und Energie spart. Die niedrigeren Salzkonzentrationen reduzieren die Tendenz der Dispersionsfarbstoffe, die Baumwollfasern anzufärben, was für die Echtheiten und für die Reproduzierbarkeit von Färbungen vorteilhaft ist.

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl für bestehende als auch für neue Färbemaschinen möglich. Low-Salt-Reaktivfarbstoffe können in allen herkömmlichen Auszieh färbemaschinen eingesetzt werden mit besonderen Vorteilen in den moderneren Maschinen mit niedrigem Flottenverhältnis, was zu einem reduzierten Energie- und Wasserverbrauch führt.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Seit den vergangenen fünf Jahren sind Low-Salt-Reaktivfarbstoffe in allen europäischen Ländern und auch weltweit in Gebrauch.

Betriebsdaten

Die einzelnen Hersteller liefern umfangreiche technische Informationen zu ihren Low-Salt-Reaktivfarbstoffgammen mit detaillierten Angaben zum Salzbedarf in Abhängigkeit von der Farbtiefe, zum Textilsubstrat, zur Färbetechnik usw.. Diese Empfehlungen sind auch entwickelt worden, um ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit zu gewährleisten und die "Right-First-Time" zu maximieren.

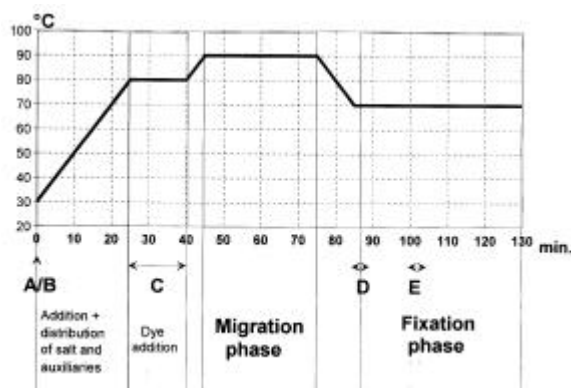


Abbildung 4.26: Typische Färbekurve für das Auszieh färben mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen mit Angabe der Farbstoff-, Salz- und Alkalidosierung. Addition + distribution of salt and auxiliaries = Zugabe und Verteilung von Salz und Hilfsmitteln, Dye addition = Farbstoffzugabe, Migration phase = Migrationsphase, Fixation phase = Fixierphase

Wirtschaftliche Aspekte

Im Vergleich zu herkömmlichen Reaktivfarbstoffen sind die Low-Salt-Reaktivfarbstoffe bezüglich ihres Kilopreises bedeutend teurer. Allerdings sind bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit die höhere Farbstärke, die Einsparung an Salz und die höhere Reproduzierbarkeit zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von den jeweiligen Randbedingungen einer Färberei kann die Anwendung von Low-Salt-Reaktivfarbstoffen wirtschaftlich sein.

Gründe für die Anwendung der Technik

In Gegenden mit ariden Klimabedingungen und einer negativen Wasserbilanz sind die Low-Salt-Reaktivfarbstoffe zuerst eingeführt worden (z.B. im US-Bundesstaat North Carolina und der Stadt Tirupur im indischen Bundesstaat Tamil Nadu). Sie haben auch in Gebieten erfolgreich Eingang gefunden, wo die Färbereiabwässer nach Behandlung direkt in Süßwassergewässer eingeleitet werden und eine Notwendigkeit zur Reduzierung der Salzfracht besteht.

Literatur

[Hildebrand, 1988]

Hildebrand, D.; Renziehausen, B.; Heilmann, D.

Lineare Alkalidosierung und Salzreduktion beim Färben von Cellulosefasern mit Levafix E/EA/EN-Farbstoffen

[Jaeger, 1996]

Jaeger, C.A.

Cibacron LS: Reduktion der Elektrolytmenge im Ausziehverfahren

Textilveredlung 31 (1996), Nr. 7/8, 138-140

[Buettler, 2000]

Buettler, B.; Galafassi, P.; Hannemann, K.

Vorteilhafte Kombination-Umweltverträgliche Produkte mit besserer Ökonomie

Melliand Textilberichte 81 (2000) 382-385

[Taylor, 2000]

Taylor, John A.

Recent Developments in Reactive Dyes

Review of Progress in Coloration 30 (2000) 93-107

[Ebenezer, 2001]

Ebenezer, W.J.; Hutchings, M.G.

Super-Efficient Dyes for the Coloration of Cotton: The Procion XL+ Range

Green Chem. (2001) 3, G10-G13

4.2.1.3.6 Enzymatisches Seifen von reaktiv gefärbtem Substrat

Beschreibung

Färben und Drucken mit Reaktivfarbstoffen erfordert Nachseif- und Spülschritte zur Entfernung nicht fixierter Reaktivfarbstoffe bzw. Farbstoffhydrolysate. Der Verbrauch an Energie, Wasser und Chemikalien für die Nachseif- und Spülschritte ist hoch. Mit Hilfe von Enzymen (Peroxidasen) kann die Entfernung des nicht fixierten Farbstoffes von der Faser wie auch aus dem ausgezogenen Bad erreicht werden. Üblicherweise erfolgt die Applikation der enzymatischen Komponenten im vierten oder fünften Spülgang (siehe Tabelle 4.18).

Herkömmliche Nachbehandlung (Beispiel)	Enzymatische Nachbehandlung
5 min Spülen im Überlauf	5 min Spülen im Überlauf
10 min 40 °C	10 min 40 °C; Neutralisation
10 min 40 °C; Neutralisation	10 min 60 °C
10 min 95 °C	10 min 95 °C
10 min 95 °C	15 min 50 °C; enzymatische Behandlung
10 min 50 °C	10 min 30 °C
10 min 30 °C	-

Tabelle 4.18: Vergleich zwischen herkömmlicher und enzymatischer Nachbehandlung (Ausziehfarben) [Bayer, 2000]

Das enzymatische Entfärben kann bei Levafix-, Remazol-, Cibacron-, Procion- und Synozol-Typen [Bayer 2000] durchgeführt werden.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Anzahl der Spülgänge kann vermindert werden. Neben der Applikation umweltfreundlicher Enzyme sind der verringerte Waschmittel-, Wasser- und Energieverbrauch die Hauptvorteile des enzymatischen Nachseifens.

Anwendbarkeit

Die Technik ist für Ausziehfärbungen geeignet. Die Anwendbarkeit für kontinuierliche Prozesse und für den Textildruck wird zur Zeit untersucht. Die meisten Reaktivfarbstoff-Typen können enzymatisch entfärbt werden. Ein Test im Labormaßstab wird empfohlen.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Die enzymatische Nachbehandlung wird in mehreren deutschen Textilveredlungsbetrieben und auch weltweit angewendet.

Betriebsdaten

Das enzymatische Nachseifen wird wie folgt ausgeführt (Ausziehverfahren):

- Frischwasser (50 °C)
- Zugabe eines Prozessregulators (pH-Einstellung, Einstellung optimaler Enzymbedingungen) (1 g/l)
- Kontrolle des pH-Wertes; evtl. Zugabe von Essigsäure
- Zugabe Enzymkomponente (0,25 g/l);
- Laufzeit: 10 min
- Ablassen der Flotte.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Reduzierung des Wasser- und Energieverbrauchs und der Verfahrenszeiten können zu Kosteneinsparungen führen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen (es können höhere Echtheiten erreicht werden) sind die Hauptgründe für die Anwendung des enzymatischen Nachseifens.

Literatur

[Bayer, 2000]

Produktinformation (2000)

[Haas, 2000]

Haas, J.; Koenemund, B.; Vogt, U.

Neuer und besserer Weg beim Seifen von Reaktivfärbungen

Melliand Textilberichte 81 (2000) 847-848

4.2.1.3.7 Ausziehfärben von Polyester und Polyester-Mischungen ohne Carrier oder mit ökologisch optimierten Carriern

Beschreibung

Aufgrund des hohen Glasumwandlungspunktes von Polyethylterephthalat, der im Bereich von 80°C -100°C liegt, ist die Diffusionsgeschwindigkeit von Dispersionsfarbstoffen in die PES-Fasern bei den üblichen Färbetemperaturen sehr niedrig. Färbebedingungen, die für andere Substrate angewandt werden, sind daher nicht praktikabel. Ausziehfärbungen für reines PES oder PES-Mischungen können carrierfrei in Autoklaven bei hoher Temperatur unter Druck (HT-Färben; 130 °C, in der Regel für 100%-PES und wollfreie PES-Mischungen) oder bei niedrigeren Temperaturen (95 °C – 100 °C oder 106°C - 120°C mit Wollschutzmitteln für PES/Wollmischungen) mit Hilfe sogenannter Carrier ausgeführt werden. Die Carrier ziehen zum Teil auf die PES-Faser auf. Sie ermöglichen ein Quellen der Fasern und erweitern die amorphen Bereiche in der Faserstruktur. Nach dem Färben und Spülen gelangen die Carrier zum Teil in das Abwasser. Der auf das zu färbende Substrat aufgezugene Teil gelangt in nachfolgenden Trocknungs- und Fixierprozessen je nach Flüchtigkeit in die Abluft oder verbleibt auf der Faser, was von der Verbraucherschutzseite als kritisch zu betrachten ist.

In Carrier-Formulierungen können die folgenden Substanzen eingesetzt werden:

- chlorierte, aromatische Verbindungen (Monochlorbenzol, Trichlorbenzol etc.)
- o-Phenylphenol
- Biphenyl
- andere aromatische Kohlenwasserstoffe (Trimethylbenzol, 1-Methylnaphthalin etc.)
- Phthalate (Diethylhexylphthalat, Dibutylphthalat, Dimethylphthalat).

Die Hauptprobleme beim Einsatz herkömmlicher Carrier bestehen in der Humantoxizität, aquatischen Toxizität, hohen Flüchtigkeit bei thermischen Prozessen und hohen Geruchsintensität.

Für spezielle Anwendungen (insbesondere in der Teppichindustrie) kann modifiziertes Polyethylterephthalat, das carrierfrei mit kationischen Farbstoffen gefärbt werden kann, eingesetzt werden.

Für reines PES und wollfreie PES-Mischungen ist das carrierfreie HT-Färben die bestmögliche Färbemethode.

Das Färben von PES-Mischungen (insbesondere PES/Wolle- und PES/Elastan-Mischungen) erfordert jedoch aufgrund der Empfindlichkeit der Wolle gegenüber hohen Temperaturen den Einsatz von Carriern. Carrier-Systeme, die hinsichtlich Humantoxizität und Umweltschutz optimiert sind, basieren auf

- Carbonsäureestern/Benzylbenzoat
- und N-Alkylphthalimiden.

In Bezug auf PES/Elastan-Mischungen ist es seit kurzem möglich, bestimmte Farbstoffe bei 120 °C – 125 °C zu applizieren. Diese Farbstoffe ermöglichen eine hohe Waschechtheit für diese Mischungen [CIBA, 2001].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Beim HT-Färben von PES sind Abwasser und Abluft carrierfrei. Der Gehalt umweltproblematischer Substanzen ist reduziert.

Carrier auf Basis von Carbonsäureestern/Benzylbenzoat sind gut biologisch abbaubar (Mineralisierungsgrad: 79%). Aufgrund ihrer geringen Flüchtigkeit ist die Geruchsbelästigung vernachlässigbar [CHT, 1999].

Beim Färben mit Carriern auf Basis von N-Alkylphthalimid sind Geruchsbelästigungen aufgrund der niedrigen Flüchtigkeit dieser Produkte minimiert [Bayer, 2000].

Anwendbarkeit

HT-Färbungen können für alle PES-Qualitäten durchgeführt werden. Spezielle HT-Färbeapparaturen sind notwendig. Die Anwendung für PES-Mischungen ist jedoch im Hinblick auf die Temperaturempfindlichkeit mancher Fasermischungen (PES/Woll-Mischungen) begrenzt.

Das Färben mit optimierten Carriern ist für alle PES-Mischungen möglich. Jedoch muss die Effektivität der Produkte im Vergleich zu den herkömmlichen beachtet werden.

Cross-media Effekte

Carrier auf Basis von N-Alkylphthalimid-Derivaten sind biologisch nicht abbaubar und werden nur teilweise in einer biologischen Abwasserbehandlung eliminiert.

Referenzanlagen

HT-Färbungen und optimierte Carrier werden europa- und weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Carbonsäureester/Benzylbenzoat-Carrier werden in Mengen zwischen 2,0-5,0 g/l (Färben bei Siedetemperatur; mittleres Flottenverhältnis) eingesetzt [CHT, 1995].

N-Alkylphthalimid-Carrier werden im Bereich von 2% (Flottenverhältnis 1:10) bis 1% (Flottenverhältnis 1:20) für Färbungen heller Farbtöne angewendet. Für dunkle Farben beträgt die Carriermenge 6% bzw. 3% [Bayer, 2000].

Wirtschaftliche Aspekte

Die Kosten für ökologisch optimierte Carrier entsprechen in etwa denen für herkömmliche Produkte.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Einhaltung von umwelt- und arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften stellen die Hauptmotivation für den Einsatz von carrierfreien HT-Färbungen oder optimierter Carriern dar.

Literatur

[Bayer, 2000]

Bayer AG, D-Leverkusen

Sicherheitsdatenblatt und Produktinformation (2000)

[CHT, 1995]

Chemische Fabrik Tübingen, D-Tübingen

Produktinformation (1995)

[CHT, 1999]

Chemische Fabrik Tübingen, D-Tübingen

Sicherheitsdatenblatt (1999)

[Ciba, 2001]

Ciba Internet Homepage "Idea of the month", July 2001 und Ciba Broschüre "Polyester/elastane blends" (2000)

[DWI, 1997]

Deutsches Wollforschungsinstitut

AIF Vorhaben 10187 (1997), Forschungskuratorium Textil e.V. Eschborn, Germany

[EnviroTex, 1996]
EnviroTex GmbH, D-Augsburg
Erweiterte, wichtige immissionsschutzrechtliche Fragestellungen beim Betrieb von Textilveredlungs-
anlagen; Teilbericht 3: Trocknen und Fixieren carriergefärbter Ware
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München (1996)

[Fiebig, 1984]
Fiebig, D.
Ökologische Aspekte und Gebrauchseigenschaften von Polyesterfärbungen mit Carriern
Textil praxis international (1984) 144-148

[Fischer, 1979]
Fischer, H.; Weber, R.
Möglichkeiten zur Verminderung der Abwasserbelastung durch gezielte Veränderungen an Textil-
hilfsmitteln
Textil praxis international (1979) 578-582

[Keller, 1978]
Keller, K.H.
Der Einsatz von Carriern – Chemie und Wirkungsmechanismus
Textilveredlung 13 (1978) 140-145

4.2.1.3.8 Umweltfreundlichere reduktive Nachbehandlung von Polyester-Färbungen

Beschreibung

Um den Anforderungen an hohe Waschechtheiten zu entsprechen, wird bei der Färbung von Polyester mit Dispersionsfarbstoffen ein Nachbehandlungsschritt zur Entfernung nicht fixierter Farbstoffe durchgeführt. Die Nachbehandlung von PES-Färbungen kann mit Waschmitteln oder, effektiver, mit Reduktionsmitteln erfolgen. In der herkömmlichen Nachbehandlung wird Natriumdithionit als Reduktionsmittel eingesetzt. Der pH-Wert der Nachbehandlungsbäder muss dabei zweimal geändert werden:

- Färbebad: sauer
- Reduktionsschritt: alkalisch
- Spülgang: sauer (pH des Textils: 4-7,5).

Reduktionsmittel auf Basis von speziellen kurzkettigen Sulfinsäure-Derivaten können direkt im sauren Auszieh färbebad eingesetzt werden. Die Produkte sind gut biologisch abbaubar und verursachen eine geringere Schwefel-Belastung (insbesondere durch Sulfite) des Abwassers [BASF, 2000]. Weiterhin sind Sulfinsäureprodukte - hier nicht im Detail erwähnt – mit vergleichbarer Ökologie (gut biologisch abbaubar, geringere Sulfite-Belastung des Abwassers) im Einsatz; sie müssen allerdings unter alkalischen Bedingungen appliziert werden [Textilcolor 2000].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das auf aliphatischen, kurzkettigen Sulfinsäurederivaten basierende Reduktionsmittel ist gut biologisch abbaubar (biologische Abbaubarkeit > 70% (OECD 302 B - DOC-Reduktion nach 28 d). Der Schwefelgehalt des Produktes liegt bei ca. 14% (Natriumdithionit: ca. 34%). Wassereinsparungen bis zu 40% sind möglich.

Natriumdithionit reagiert primär zu Sulfite; Sulfate werden langsam gebildet. Das auf Sulfinsäure-Derivaten basierende Reduktionsmittel reagiert primär je zur Hälfte zu Sulfite und zu Sulfat. Das Sulfite reagiert weiter zu Sulfat. Der Gehalt an Anorganika (Natriumsulfat, Natriumsulfite) im Abwasser kann im Vergleich zu Verfahren bei denen Dithionit eingesetzt wird vermindert werden. (siehe Tabelle 4.19).

Rezept	Schwefel-konzentration im Mischabwasser [mg/l]	Spez. Schwefel-Last [mg/kg PES]	Max. Sulfite-Konzentration im Mischabwasser [mg/l]	Max. spez. Sulfite-Last [mg/kg PES]
Natriumdithionit (3 g/l) 2 Spülbäder	260	4100	640	10300
Sulfinsäure-Derivat (6,25 ml/l) 2 Spülbäder	290	4700	360	5800
Sulfinsäure-Derivat (6,25 ml/l); 1 Spülbad	390	4700	490	5800

Tabelle 4.19: Flockefärbung (Flottenverhältnis 1:4); Schwefel- und Sulfite-Konzentrationen im Mischabwasser (Färbebad, Nachbehandlungsbad und Spülbäder) und spezifische Schwefel- und Sulfite-Lasten [BASF 2000]

Ein weiterer Vorteil ist die geringe Geruchsbelastigung der Produkte; sie sind zudem im Vergleich zum selbstentzündlichen Dithionit besser handhabbar.

Anwendbarkeit

Die Nachbehandlung von PES, aber auch PAC und CA und von Fasermischungen ist möglich. Im Falle von Elastanmischungen ist die Anwendbarkeit begrenzt. An die Färbemaschinen werden keine besonderen Anforderungen gestellt.

Cross-media Effekte

Es gibt keine Cross-media Effekte.

Referenzanlagen

Die Nachbehandlung mit den beschriebenen Sulfinsäurederivaten wird in mehr als fünf Textilveredlungsbetrieben in Deutschland und auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Der Nachbehandlungsprozess kann mit den Reduktionsmitteln auf Basis von Sulfinsäurederivaten folgendermaßen ausgeführt werden:

- Zugabe von 1,0-1,5 ml/l (mittlere Farbtöne) bzw. 1,5-2,5 ml (dunkle Farben) Reduktionsmittel direkt in das ausgezogene Färbebad (10 - 20 min; 70 - 80 °C)
- Heißspülen
- Kaltspülen

Wirtschaftliche Aspekte

Durch den geringeren Wasser- und Energieverbrauch und verminderten Zeitaufwand können Kosteneinsparungen realisiert werden

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen und die Verbesserung der Umweltsituation (Minimierung der Sulfit-Konzentration im Abwasser) sind als Hauptgründe für die Substitution herkömmlicher Reduktionsmittel zu nennen.

Literatur

[BASF, 2000]

BASF AG, D-Ludwigshafen

Produktinformation und persönliche Mitteilung (2000)

[Karl, 1997]

Karl, U; Beckmann, E.

Innovatives neues Produkt für die PES-Nachreinigung im Färbebad

Melliand Textilberichte 78 (1997) 332-334

[Karl, 1999]

Karl, U.; Freyberg, P.

Neue reduktive Verfahren in der Textilveredlung

Melliand Textilberichte 80 (1999) 616-618

[Textilcolor, 2000]

Textilcolor AG, CH-Sevelen

Produktinformation (2000)

4.2.1.3.9 Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle (alle Aufmachungsarten)

Beschreibung

Im Jahre 1995 betrug der Weltmarktbedarf für Farbstoffe zum Färben von Wolle ca. 24.000 t, wobei der Anteil in Asien höher, besonders in China und Japan, und in Europa niedriger ist. (Abbildung 4.27).

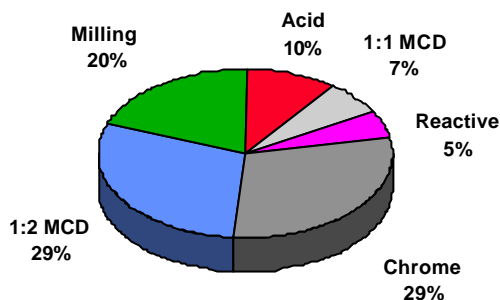


Abbildung 4.27: Anteile der weltweiten Einsatzmengen an Farbstoffen für das Färben von Wolle - [Hannemann, 1997]; MCD = Metal Complex Dyestuffs, metal complex dyestuffs = Metallkomplexfarbstoffe, Milling = walkechte metallfreie Säurefarbstoffe; Acid = Säurefarbstoffe, Reactive = Reaktivfarbstoffe, Chrome = Chromierungsfarbstoffe

Wegen ihrer fehlenden Brillanz werden Nachchromierungsfarbstoffe für gedeckte Farbtöne eingesetzt: 50-60% der Nachchromierungsfarbstoffe werden für Schwarztöne appliziert, weitere 25-30% für Marinetöne und die restlichen 10-25% für andere Töne wie braun, bordeaux oder grün [Hannemann, 2000].

Ein Teil des eingesetzten Chrms gelangt ins Abwasser. Allerdings kann seine Menge durch exakte ph-Wert-Kontrolle (optimal ist ein ph-Wert von 3,5-3,8) und durch Zugabe anionischer Hilfsmittel minimiert werden [Langmann, 1976; Duffield, 1991]. Trotzdem können sich noch beträchtliche Chrommengen im Abwasser befinden, nicht nur im ausgezogenen Färbebad, sondern auch im Spülwasser und aus Nachchromierungsprozessen [Thomas, 1992].

Seit noch nicht allzulanger Zeit sind Reaktivfarbstoffe zur Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen verfügbar. Dies trifft auch für dunkle Färbungen zu. Sechs verschiedene Farbstoffe sind zusammen mit Informationen zu ihrer Zusammensetzung und biologischer Abbaubarkeit in Tabelle 4.20 zusammengestellt.

Handelsname	Chemische Charakterisierung <small>alle Farbstoffe sind Pulver-Form.</small>	Gefahrst.-Symbol	Biologische Abbaubzw. Eliminierbarkeit [%] mit Testangabe	spez. CSB-Wert [mg O ₂ /g]	spez. BSB5-Wert [mg O ₂ /g]	SMe-Gehalt [mg/g]	Org. Halogengehalt [mg/g]	N-Gehalt [mg/g]
Lanasol Yellow CE	Azofarbstoff-Zubereitung	Xn	40-50, OECD 303A	790	55		65	39
Lanasol Golden Yellow CE	Azofarbstoff-Zubereitung	Xi	<10, OECD 302 B	909	0		<1	ca. 100
Lanasol Red CE	Azofarbstoff-Zubereitung	Xi	<10, OECD 302 B	700	0		<1	56
Lanasol Blue CE	Zubereitung von Azo- und Anthrachinonfarbstoffen, enthält reactive black 5	Xn	40-50, OECD 303A	928	329		<1	36
Lanasol Navy CE	Azofarbstoff-Zubereitung, enthält reactive black 5	Xn	20-30, OECD 302 B	1.032	57		<1	64
Lanasol Black CE	Azofarbstoff-Zubereitung, enthält reactive black 5	Xn	20-30, OECD 303A	ca. 800	0			96
Hilfsmittel für das Färben mit Lanasol-Farbstoffen								
Cibaflow CIR	anionischer Entlüfter, enthält Alkylpolyalkylenglykoether und -ester	Xi	80-90, OECD 302 B	410	135			
Albegal B	Amphoteresches Derivat eines hydroxyethylierten Fettsäureamins	Xi	60-70, OECD 302 B	1.025	0		<0,1	33

Tabelle 4.20: Bezeichnung und Angaben für sechs Reaktivfarbstoffe für das Färben von Wolle und für die dafür verwendeten Hilfsmittel

Diese Farbstoffe haben bifunktionelle reaktive Gruppen, meist vom Typ der Bromacrylamide oder Vinylsulfone, um die erforderlichen Nassechtheiten zu erreichen. Eine typische Struktur eines bifunktionellen Reaktivfarbstoffes vom Typ der Bromacrylamide ist in Abbildung 4.28 dargestellt. Die Farbstoffgamme basiert auf einer Trichromie aus Yellow CE oder Golden Yellow CE, Red CE und Blue CE für die farbigen Nuancen und Navy CE und Black CE als Basis für die Farbtöne Marine und Schwarz..

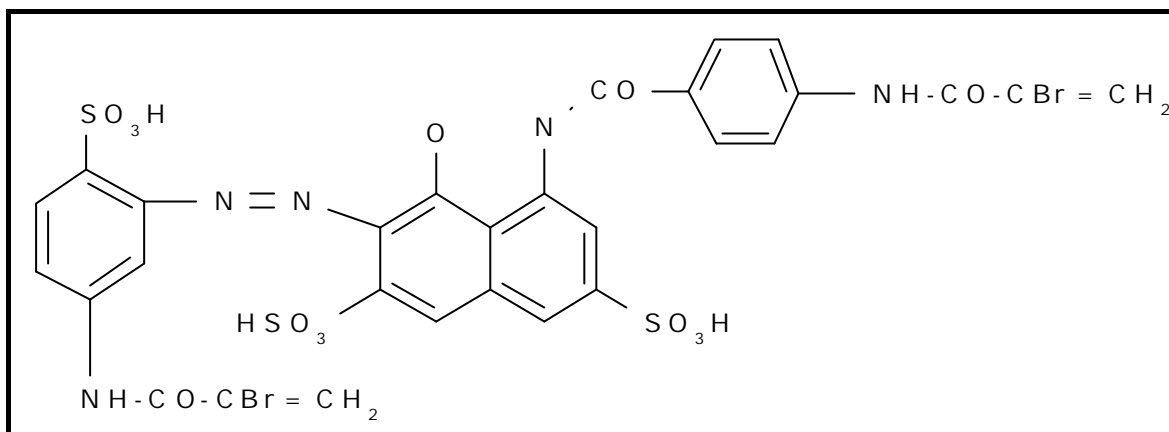


Abbildung 4.28: Typisches Beispiel für die chemische Struktur eines schwermetallfreien Reaktivfarbstoffes zum Färben von Wolle, der zum Ersatz von Nachchromierungsfarbstoffen geeignet ist

Die Reaktivfarbstoffe erreichen wie die Nachchromierungsfarbstoffe die sehr hohen Echtheitsanforderungen. In Tabelle 4.21 sind die Eigenschaften der Reaktivfarbstoffe im Vergleich zu den Nachchromierungsfarbstoffen zusammengestellt.

	Nachchromierungsfarbstoffe	Reaktivfarbstoffe
Fixiermechanismus	kleine Säurefarbstoffmoleküle, die mit Chrom komplexiert werden	Kovalente chemische Bindung
Formulierung	nur ein Chromophor erforderlich für Schwarz-Färbungen	für Schwarz-Färbungen ist eine Mischung verschiedener Farbstoffe erforderlich
Egalisierungseigenschaften	gute Egalisierungseigenschaften	Egalität hängt von Hilfsmitteln ab.
Färbeprozess	Zwei-Schritte-Verfahren: Färben und Nachchromieren	Ein-Schritt-Verfahren, aber für dunkle Färbungen ist eine Nachbehandlung erforderlich
Reproduzierbarkeit	Schwierig, den gewünschten Farbton zu erzielen	sehr gut
Einfluss auf Wollfasern	Faserschädigung	Schutz der Wolle durch die Farbstoffe selbst
Gesundheits- und Sicherheitsaspekte	Umgang mit sechswertigem Chromat (karzinogene Verbindung)	metallfrei
Einfluss auf das Abwasser	Chrom im Abwasser	stärker gefärbt, aber schwermetallfrei

Tabelle 4.21: Vergleich der Eigenschaften von Reaktivfarbstoffen und Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das Abwasser und die Wolle sind chromfrei. Der Umgang mit sechswertigem Chrom, das wegen seiner chronischen Toxizität und karzinogenen Eigenschaften besondere Sicherheitsvorkehrungen erfordert, wird vermieden.

Anwendbarkeit

Die Reaktivfarbstoffe können für alle Aufmachungsarten und in allen bestehenden Färbemaschinen appliziert werden. Soweit der pH-Wert und die Temperatur sorgfältig eingehalten werden, ein geeignetes Egalisierungsmittel zugegeben wird und eine adäquate Nachbehandlung durchgeführt wird, werden Ausziehraten von mehr als 90% und außergewöhnliche Echtheiten auf dem Niveau der Nachchromierungsfarbstoffe erreicht [Hannemann, 2000]. In besonderen Fällen wie der chlorierenden Behandlung von gefärbter Wolle kann das hohe Echtheitsniveau nicht erreicht werden.

Cross-media Effekte

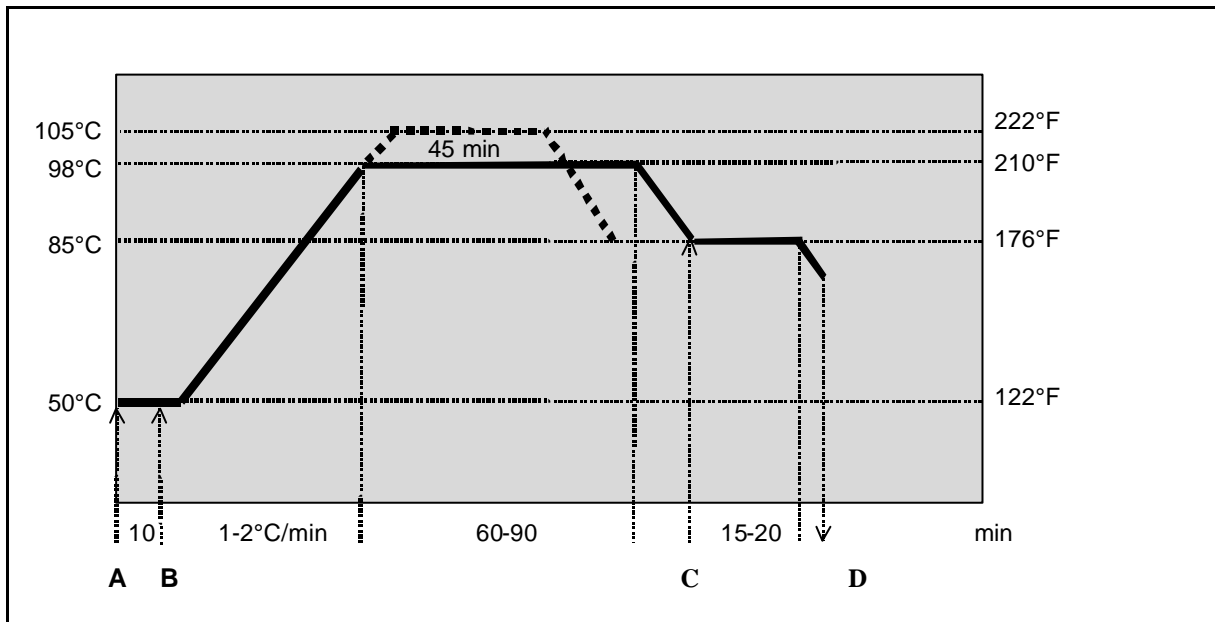
Zum Färben von Wolle mit Reaktivfarbstoffen werden Egalisierungsmittel benötigt, die schwer bis nicht biologisch abbaubar sind, aber in biologischen Abwasserbehandlungsanlagen durch Adsorption eliminiert werden. Diese Egalisierungsmittel haben eine Affinität zur Wolle und verbleiben dort zu ca. 50%.

Referenzanlagen

Reaktivfarbstoffe zum Färben von Wolle werden seit einigen Jahren in ganz Europa und auch anderen Ländern eingesetzt.

Betriebsdaten

Abbildung 4.29 zeigt eine typische Färbekurve.



- A 0,5 g/l Entlüftungsmittel auf Basis Fettalkoholethoxylaten
0-5% Glaubersalz
1-2% Egalisierungsmittel (Alkylaminethoxylate und Alkylaminethersulfate)
x % Essigsäure (80%) und /oder Ameisensäure – pH 4,5 – 6
- B y % Reaktivfarbstoffe (siehe Tabelle 4.20)
- C z % Ammonium oder Soda bei pH 8,5
- D Warmes und kaltes Spülen; absäuern mit 1%-iger Ameisensäure (80%) im letzten Spülbad
Für Garn und Stückware wird das Spülen bei 70°C für 15 Minuten empfohlen
Für Filzfrei-Wolle wird für das Spülen zu Beginn eine Temperatur von 30°C und danach eine Temperatur von 60°C für 15 Minuten empfohlen

Abbildung 4.29: Färbekurve für das Auszieh-Färben von Wolle mit Reaktivfarbstoffen (Lanasol CE)

Wirtschaftliche Aspekte

Reaktivfarbstoffe können zu den gleichen Kosten wie Nachchromierungsfarbstoffe eingesetzt werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Vermeidung des Umgangs mit sechswertigem Chrom und die Abwasserprobleme haben die Einführung von Reaktivfarbstoffen entscheidend vorangetrieben. Das gleiche gilt für den günstigen Preis dieser Farbstoffe.

Literatur

[Hannemann, 1997]

Hannemann, K.; Flensburg, H.

Reaktivfarbstoffe für Wolle – eine Alternative zu den Nachchromierungsfarbstoffen

Melliand Textilberichte 78 (1997) 160-164

[Hannemann, 2000]

New developments in the substitution of afterchrome dyes

Proceedings of 10th International Wool Textile Research Conference, 26.11.-01.12.2000

Melliand Textilberichte 82 (2001) in print

[Langmann, 1976]

Langmann, W.; Meier, G.

Untersuchung des Chromierungsprozesses beim Färben von Wolle im Hinblick auf Abwasserprobleme

Melliand Textilberichte 57 (1976) 580-582

[Duffield, 1991]

Duffield, P.A.; Holt, R.R.D.; Smith, J.R.

Färben mit geringem Restchromgehalt im Abwasser

Melliand Textilberichte 72 (1991) 938-942

[Thomas, 1992]

Thomas, H.

Neue Aspekte zur Abwasserbehandlung beim Färben von Wolle mit Nachchromierungsfarbstoffen

Taschenbuch Textilindustrie (1992) 324-331

4.2.1.3.10 Färben von Flockmaterial aus Wolle auf stehendem Bad

Beschreibung

Es ist wohlbekannt, dass Wolle mit sehr hohen Ausziehraten gefärbt werden kann. Dies gilt für Nachchromierungsfarbstoffe und 1:2 Metallkomplexfarbstoffe (siehe auch 4.2.1.3.9). Auch Dispersionsfarbstoffe haben hohe Ausziehraten. In solchen Fällen kann die Färbeflotte für die nächste Färbung wiederverwendet werden. Im folgenden wird dafür ein Beispiel beschrieben. Der betreffende Textilveredlungsbetrieb veredelt Flockmaterial, das entweder aus Wolle oder Polyester besteht und anschließend versponnen wird. Die hergestellten Garne werden für die Produktion von Geweben (in einem anderen Betrieb) verwendet. Dieses Gewebe wird wiederum veredelt, was der Grund dafür ist, dass das Spülen des Flockmaterials nach dem Färben auf ein Minimum reduziert werden kann. So wird im Falle von Wollfärbungen mit Nachchromierungsfarbstoffen mit Metallkomplexfarbstoffen nur einmal gespült. Dispersionsfärbungen werden mit reduktiver Nachreinigung direkt nach dem Färben und einem Spülbad durchgeführt. Die Spülflotte und die Nachbehandlungsflotte werden nach Neutralisation, Reduktion des sechswertigen Chroms und Fällung des dreiwertigen Chroms einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt. Im Zuge der Einführung des Färbens auf stehendem Bad sind alle zehn Färbeapparate mit einer Kapazität von 50-1000 kg bei einem Flottenverhältnis von 1:8 mit pH-Wert-Steuerung und automatischer Säuredosierung ausgerüstet worden. Weiterhin wurde zur Reduzierung der CSB-Fracht Essigsäure durch Ameisensäure ersetzt. Der Färbeprozess von Wolle wird nach herkömmlichen Verfahren praktiziert. Der sogenannte "Lanaset TOP"-Prozess (siehe die entsprechend beschriebene Technik) wurde bislang noch nicht eingeführt. Gleichwohl ist das Färben auf stehendem Bad möglich. Pro Tag werden um die 65 Partien gefärbt.

Zum Färben auf stehendem Bad sind nachträglich 10 Tanks mit jeweils 17m³ Inhalt mit entsprechender Verrohrung installiert worden (Abbildung 4.30). Das ausgezogene Färbebad wird mittels Druckluft in die Tanks gefördert. Dies erfolgt in einer Ringleitung, um die Installation von neuen Rohrleitungen zu minimieren. Die meisten Behälter werden immer für den gleichen Typ ausgezogener Färbäder (z.B. Nachchromierung von dunklen Färbungen wie schwarz oder marine, oder das ausgezogene Bad vom Färben mit Metallkomplexfarbstoffen etc.) benutzt. Zur Zubereitung von neuen Färbebädern werden die Farbstoffe und Chemikalien manuell dosiert.

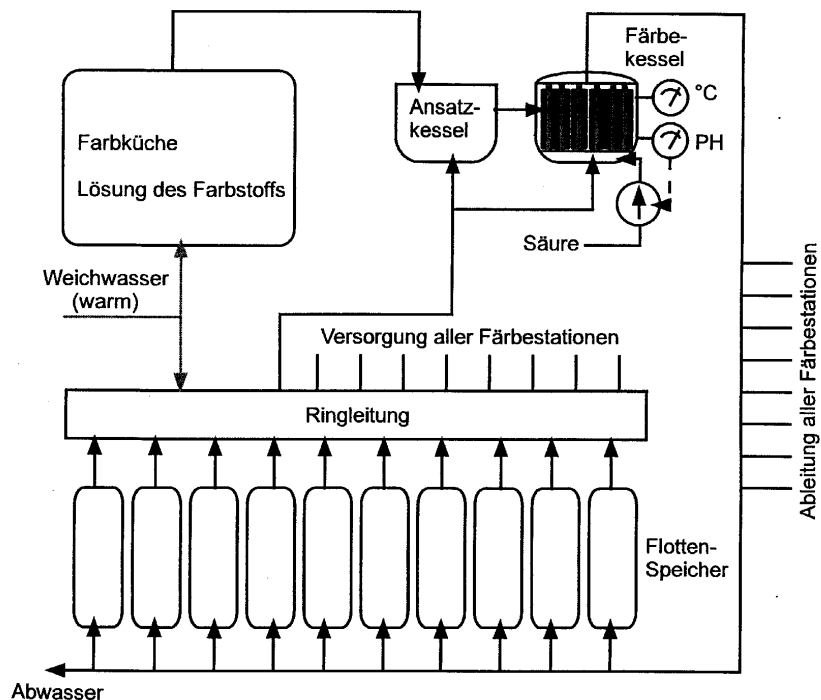


Abbildung 4.30: Schema der Installationen für das Färben auf stehendem Bad (Tanks und Rohrleitungen) - [Fembacher, 1997a]

Die Maßnahmen zur Prozessoptimierung erbrachten eine 70%ige Reduzierung des Chromatverbrauchs. Durch das Färben auf stehendem Bad konnte der spezifische Wasserverbrauch von 60 auf 25 l/kg reduziert werden (absolut: Verminderung von 150.000 m³/a auf 65.000 m³/a). Entsprechend verminderte sich der Abwasseranfall um nahezu 60%. Bei der Wollfärbung kann auf den Einsatz von Natriumsulfat vollständig verzichtet werden, da Eiweiß-Abbauprodukte - die aus der Wolle herrühren - eine ausreichende Egalisierung gewährleisten. Dies verbessert sogar die weitere Wollverarbeitung.

Anwendbarkeit

Das Färben auf stehendem Bad ist sowohl in neuen als auch bestehenden Anlagen möglich. Der Raum für die Tanks muss verfügbar sein und die Anzahl verschiedener Farbtöne darf nicht zu groß sein. Im Falle des beschriebenen Beispiels ist die Technik nachträglich in eine 35 Jahre alte Färberei eingeführt worden.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Kammgarnspinnerei Stöhr GmbH, D-41199 Mönchengladbach

Betriebsdaten

Das Färben auf stehendem Bad wird seit 1996 erfolgreich praktiziert. Zu Beginn der Einführung dieser Technik musste Erfahrung bezüglich der Zubereitung von neuen aus ausgezogenen Färbebadern gesammelt werden. Dies wurde allerdings bald zur täglichen Routine.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionen für das Gebäude für die Tanks, für die Tanks selbst, für die Verrohrung und die Regeltechnik betrugen 0,8 Millionen EURO. Der Preis für Frisch- und Abwasser beträgt 3,20 EURO/m³ (0,6 EURO/m³ für Frischwasser einschließlich der Aufbereitung und 2,60 EURO/m³ für die Abwassergebühr). Darin sind die Kosten für die Abwasservorbehandlung (Neutralisation, Reduktion des sechswertigen Chroms und Fällung des dreiwertigen Chroms sowie die Entsorgung des anfallenden Schlammes) nicht enthalten. So werden pro Jahr 250.000 EURO eingespart, was zu einer akzeptablen Amortisationszeit führt.

Gründe für die Anwendung der Technik

Stetiges Ansteigen der Abwasserkosten sowie steigende Anforderungen an die Abwasserentsorgung (insbesondere bezüglich Chrom) waren die Hauptgründe der Firma, die beschriebene Technik einzuführen.

Literatur

[Fembacher, 1997a]

Fembacher, K.; Brummerhop, H.J.; Mocken, R.

Entwicklung, Erprobung und Optimierung eines umweltverträglichen Färbereiverfahrens zur Reduktion der Abwasserbelastung bei der Kammgarnspinnerei Stöhr GmbH, D-41199 Mönchengladbach

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (1997)

[Fembacher, 1997b]

Fembacher, K.; Fembacher, U.

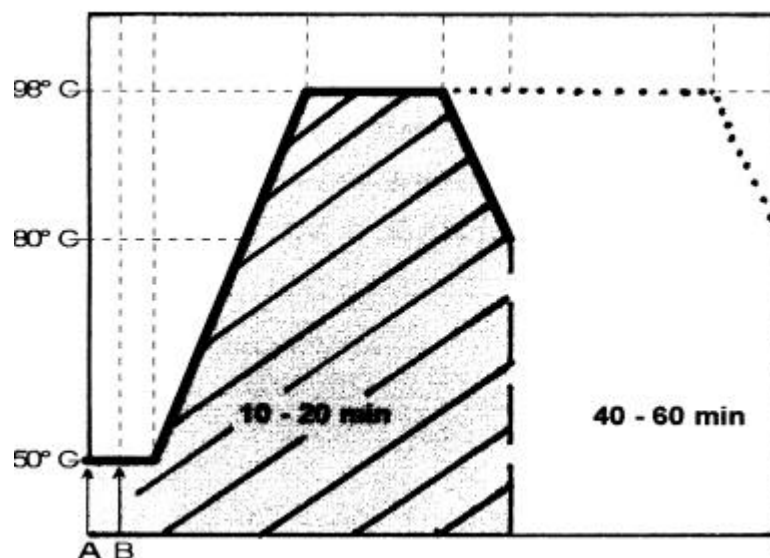
Abwasserbehandlung und Prozessoptimierung in der Kammzugfärberei

Melliand Textilberichte 78 (1997) 159

4.2.1.3.11 Färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle - Minimierung der Abwasseremissionen

Beschreibung

Flockmaterial und Kammzüge aus Wolle werden nach wie vor mit Nachchromierungsfarbstoffen und Metallkomplexfarbstoffen gefärbt. Diese chromhaltigen Farbstoffe können in vielen Fällen durch metallfreie Reaktivfarbstoffe substituiert werden (siehe 4.2.1.3.9). Wenn jedoch eine Substitution nicht möglich ist, kann der herkömmliche Färbeprozess durch ausgefeilte Prozesskontrolle (insbesondere des pH-Wertes) optimiert werden. Für die Anwendung von 1:2 Metallkomplexfarbstoffen kann der Färbeprozess durch Einsatz eines speziellen Hilfsmittels verbessert werden. Letzteres erhöht die Farbstoff-Ausziehrate innerhalb kürzerer Zeit. Zusätzlich wird Essigsäure durch Ameisensäure ersetzt. Diese Optimierung ist jedoch für Nachchromierungsfarbstoffe nicht anwendbar. Dieser optimierte Prozess ist als "Lanaset TOP-Prozess" bekannt und wurde von einem Farbstoff- und Textilhilfsmittel-lieferanten im Jahre 1992 eingeführt [Hannemann, 1992]. Er ist vor allem für Flockmaterial und Kammzüge aus Wolle anwendbar, was den wichtigsten Aufmachungsarten (ungefähr die Hälfte der weltweit verarbeiteten Menge) entspricht. Im Vergleich zum herkömmlichen Prozess wird die Färbzeit durch die pH-Wert-Kontrolle und den Einsatz einer Mischung aus verschiedenen Fettalkoholkthoxylaten (die zur Faser und zum Farbstoff Affinität haben) drastisch verkürzt (siehe Abbildung 4.31). Weiterhin beträgt die Ausziehrate nahezu 100%. Dies erleichtert das Färben auf stehendem Bad (siehe 4.2.1.3.10).



- A Dosierung von Hilfsmitteln und Ameisensäure
B Dosierung von Farbstoffen

Abbildung 4.31: Auszieh färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle - Vergleich der Färbekurven für den herkömmlichen (durchgezogene Linie) und für den optimierten Prozess (Lanaset TOP-Prozess) (gepunktete Kurve) - [Bauhofer, 1995]

Zusätzlich zu den Umweltvorteilen ermöglicht der Prozess ein schnelles Erreichen des Farbtons bei hoher Reproduzierbarkeit der Färbungen und sehr hohen Echtheiten.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Wegen der hohen Auszieh- und Fixierraten wird die Farbigkeit in der ausgezogenen Färbeflotte erreicht, was direkt mit dem Chromgehalt korreliert. In der ausgezogenen Färbeflotte werden Restchromgehalte um 0,1 mg/l erreicht. Beim Färben auf stehendem Bad erfolgt keine Aufkonzentrierung des Chroms. Die Substitution von Essigsäure (mit einem spezifischen CSB-Wert von 1067 mg O₂/g) durch Ameisensäure (mit einem viermal niedrigeren spezifischen CSB-Wert von 235 mg O₂/g bei gleichzeitig niedrigerer Säurekonstanten) führt zu einer niedrigeren CSB-Fracht im Abwasser. Beim

Färbeprozess kann die Kochzeit auf ein Drittel verkürzt werden, was nicht nur Zeit sondern auch Energie spart.

Anwendbarkeit

Die Technik ist zum Färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle in bestehenden als auch in neuen Anlagen anwendbar.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Der Prozess wurde weltweit in vielen Färbereien erfolgreich eingeführt.

Betriebsdaten

Siehe die Beschreibung der Technik.

Wirtschaftliche Aspekte

Durch die kürzere Prozessdauer und den verringerten Wasserbedarf werden Einsparungen erzielt.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Anforderungen, den Chromgehalt im Abwasser zu reduzieren, und die Notwendigkeit, die Produktivität zu erhöhen, waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[Hannemann, 1991]

Hannemann, K.; Grüner, F.

A new short-time process for dyeing loose wool fibre and combed tops

International Textile Bulletin (1992), no. 4, 3-9

[Bauhofer, 1995]

Bauhofer, R.; Hannemann, K.

Environmental aspects of wool dyeing

Proceedings of the 9th International Wool Research Conference - 28.06. - 05.07.1995 in I-Biella, Vol. I (1995) 96-100

4.2.1.3.12 Umweltfreundlicheres Färben mit Schwefelfarbstoffen

Beschreibung

Schwefelfarbstoffe haben bei der Baumwollfärberei in mittleren bis dunklen Farbtönen (speziell bei schwarzen Ausfärbungen) weltweit eine große Bedeutung, wenn hohe Licht- und Waschechtheiten erforderlich sind. Schwefelfarbstoffe werden durch Reaktion von aromatischen, stickstoffhaltigen Verbindungen mit Schwefel oder Polysulfiden synthetisiert. Die Molekularstruktur von Schwefelfarbstoffen, die wasserunlösliche Verbindungen darstellen, ist in den meisten Fällen nicht exakt definiert. Die Färbung erfolgt mit der reduzierten, wasserlöslichen „Leuko-Form“. Gewöhnliche Schwefelfarbstoffe sind in Pulverform erhältlich; vor dem Färben müssen sie mit Natriumsulfid in alkalischer Lösung reduziert werden. Daneben gibt es flüssige, vorreduzierte Farbstoffformulierungen (Sulfid-Gehalt > 5%). Durch den Farbstoff selbst und das als Reduktionsmittel eingesetzte Natriumsulfid ist das Abwasser mit dem gewässertoxischen Sulfid belastet. Zudem sind Geruchsbelästigungen durch die Bildung von Schwefelwasserstoff möglich.

Folgende, ökologisch optimierte Schwefelfarbstoffe stellen Alternativen dar:

- vorreduzierte Farbstoffe mit einem reduzierten Gehalt an Natriumsulfid (flüssige Formulierungen; Sulfid-Gehalt < 1 %) [DyStar, 2001]
- nicht vorreduzierte, natriumsulfidfreie Farbstoffe (wasserlöslich in der oxidierten Form) [DyStar, 2001]
- nicht vorreduzierte, natriumsulfidfreie, stabilisierte Farbstoffdispersionen (pulverförmig oder flüssig); Reduktion mit Natriumdithionit alleine möglich (kein binäres Reduktionsmittelsystem notwendig) [DyStar, 2001; Hähnke 1995]
- nicht vorreduzierte, schwefelfreie Farbstoffe (stabile Suspensionen); Glucose als Reduktionsmittel ausreichend [Clariant, 2001]

Alternative Reduktionsverfahren sind für alle nicht vorreduzierten Schwefelfarbstoffe und Schwefelfarbstoffe mit reduziertem Sulfidgehalt möglich. Die folgenden binären Systeme werden eingesetzt (Glucose wird zu Natriumdithionit hinzugefügt, um eine Überreduktion zu verhindern) [DyStar, 2001a]:

- Kombination von Natriumdithionit und Glucose
- Kombination von Hydroxyaceton und Glucose (selten)
- Kombination von Formamidinsulfinsäure und Glucose (selten).

Stabilisierte, sulfidfreie Farbstoffdispersionen die keine Empfindlichkeit gegenüber Überreduktion aufweisen, können mit Natriumdithionit ohne Zugabe von Glucose reduziert werden [DyStar 2001, Hähnke, 1995]. Bei einer weiteren Klasse an nicht vorreduzierten Schwefelfarbstoffen kann der Reduktionsschritt mit Glucose alleine ausgeführt werden [Clariant 2001].

Eine AOX-freie Reoxidation ist mit Wasserstoffperoxid an Stelle von Kaliumdichromat und halogenierten Verbindungen (Bromate, Jodate, Chlorite oder N-Chlor-p-Toluolsulfamid) möglich und wird mittlerweile weltweit angewendet.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Sulfidgehalt im Abwasser wird minimiert, wenn sulfidarme oder sulfidfreie Schwefelfarbstoffe in Kombination mit sulfidfreien Reduktionsmitteln eingesetzt werden. Wird für die Reoxidation Peroxid an Stelle von Dichromat oder halogenierten Verbindungen verwendet, kann ein Chrom- bzw. AOX-Eintrag in das Abwasser vermieden werden.

Anwendbarkeit

Die Farbstoffe und Reduktionsmittel können in bestehenden und neuen Färbemaschinen (Ausziehfarben und auch kontinuierliche Verfahren) eingesetzt werden. Farbtonverschiebungen im Vergleich zu herkömmlichen Schwefelfärbungen müssen beachtet werden.

Cross-media Effekte

Wird Natriumdithionit als Reduktionsmittel eingesetzt, muss der Sulfit-Gehalt im Abwasser beachtet werden.

Referenzanlagen

Die sulfidfreien bzw. sulfidarmen Farbstoffe und Reduktionsmittelsysteme werden in Europa und auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Ein typisches Rezept für eine Baumwollfärbung auf einer Jet-Maschine (Flottenverhältnis 1:6 bis 1:8; Färben für 45 min bei 95 °C) ist unten angeführt [DyStar, 2001a]:

nicht vorreduzierter Schwefelfarbstoff:	10%
Netzmittel:	1 g/l
Natriumhydroxid-Lösung (38 Bé):	15-20 ml/l
kalz. Soda :	8-10 g/l
Salz:	20 g/l
Glucose:	10-12 g/l
Natriumdithionit:	8-10 g/l
	oder Hydroxyaceton: 4-5 g/l
	oder Formamidinsulfinsäure: 4-5 g/l.

Wirtschaftliche Aspekte

Stabilisierte, nicht-vorreduzierte, sulfidfreie Farbstoffe sind teurer im Vergleich zu herkömmlichen Schwefelfarbstoffen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Hauptgründe für die Anwendung sulfidfreier oder sulfidarmer Verfahren beim Färben mit Schwefelfarbstoffen liegen in der Minimierung der Abwasserbelastung durch Sulfid, sowie der Vermeidung von Geruchsbelästigungen.

Literatur

[DyStar, 2001]

DyStar, D-Frankfurt/Main

Produktinformation. Schwefelfarbstoffe von DyStar: Wirtschaftlich seit 1897 (2001)

[DyStar, 2001a]

DyStar, D-Frankfurt/Main

Technische Information (2001)

[Clariant, 2001]

Clariant, CH-Muttenz

Produktinformation. Ihre schwarzen Zahlen (2001)

[Hähnke, 1995]

Hähnke, M.; Schuster, C.

Schwefelfarbstoff und Ökologie – ein Widerspruch?

Melliand Textilberichte 76 (1995) 414-420

4.2.1.3.13 Einstufige, kontinuierliche Küpenfärbung in Pastell- und hellen Farbschattierungen

Beschreibung

Die konventionelle, kontinuierliche Küpenfärbung (Klotz-Dämpfverfahren) umfasst die Arbeitsschritte Foulardieren/Klotzen der Farbstoffpigmente, Zwischentrocknen, Foulardieren von Chemikalien/Textilhilfsmitteln (Reduktionsmitteln), Dämpfen, Oxidieren und Waschen (mehrere Seif- und Spülschritte). Das einstufige kontinuierliche Küpenfärben wird durch spezielle Küpenfarbstoffe und Textilhilfsmittel ermöglicht. Klotzen, Zwischentrocknen und Fixieren wird kontinuierlich durchgeführt.

Die folgenden Textilhilfsmittel werden eingesetzt:

- speziell ausgewählte Küpenfarbstoffe mit niedriger Migrationstendenz
- Textilhilfsmittel auf Basis von Polyglykolen und Acrylpolymeren zur Sicherstellung der Flottenstabilität, hohen Echtheitswerten und der Griffeigenschaften.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Prozess kann ohne Dämpfen und anschließendes Waschen durchgeführt werden. Das Abwasser wird nur durch die Restflotte belastet. Der Wasserverbrauch wird auf ca. 0,5 l/kg Textil reduziert. Einsparungen im Chemikalien- und Energieverbrauch sind zusätzliche ökologische Vorteile.

Anwendbarkeit

Cellulose und Cellulose/Polyester-Mischungen können gefärbt werden. Die Anwendbarkeit ist jedoch auf Pastell- und helle Farbtöne begrenzt (max. 5 g Farbstoff/l bei einer Flottenaufnahme von 50%).

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Die einstufige Küpenfärbung wird in einigen Textilveredlungsanlagen in Deutschland und auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Typisches Rezept für eine Färbeflotte:

- 30-40 g/l Textilhilfsmittel I
- 5-10 g/l Natriumsulfat
- 10-20 g/l Textilhilfsmittel II
- bis zu 2,5 g/kg Farbstoff

Typische Prozessparameter:

- Klotzen: Flottenaufnahme: 50-65% (so gering wie möglich); Flottentemperatur: < 35°C
- Zwischentrocknen: 100-140°C
- Fixierung: Cellulose 30 s bei 170°C; Polyester/Cellulose: 30 s bei 190°C

Wirtschaftliche Aspekte

Im Vergleich zu herkömmlichen Klotz-Dämpf-Küpenfärbungen können beachtliche Einsparungen an Energie, Zeit, Wasser und Chemikalien erreicht werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Kosteneinsparungen sind der Hauptgrund für die Einführung des einstufigen Verfahrens.

Literatur

[BASF, 1998]

BASF AG, D-Ludwigshafen
Produktinformation (1998)

[DyStar, 2001]

DyStar AG, D-Frankfurt
Persönliche Mitteilung (2001)

[Schrott, 2000]

Innovationen bei Textilfarbstoffen auf Basis des integrierten Umweltschutzes
20. Fortbildungsseminar des VTCC und VDF, März 2000

4.2.1.4 Drucken

4.2.1.4.1 Substitution von Harnstoff in Reaktivdruckpasten

Beschreibung

Harnstoff wird in Reaktivdruckpasten in einer Konzentration bis zu 150 g/kg Paste eingesetzt. Harnstoff ist auch in K pendruckpasten, aber in einer deutlich niedrigeren Konzentration (ca. 25 g/kg Paste) enthalten. Die wichtigsten Funktionen von Harnstoff sind:

- Erhöhung der Löslichkeit von Farbstoffen mit niedriger Wasserlöslichkeit. Dieser hydrotrophische Effekt beeinflusst die Fixierraten nur unwesentlich.
- Erhöhung der Kondensatbildung, die für die Migration der Farbstoffe aus der Paste zu den Textilfasern erforderlich ist.
- Bildung von Kondensaten mit erhöhtem Siedepunkt (115 C); dadurch sind die Anforderungen an die Dampfqualität geringer.

Harnstoff kann durch die geregelte Zugabe von Feuchtigkeit (10 Gewichts-% im Falle von Baumwollgewebe, 20 Gewichts-% im Falle von Viskosegewebe und 15 Gewichts-% im Falle von Baumwoll-Mischungen) ersetzt werden. Diese Substitution wird für den Reaktivdruck auf Baumwolle, Viskose und entsprechende Mischungen praktiziert.

Der Auftrag der Feuchtigkeit erfolgt entweder durch Aufsprühen einer definierten Wassermenge oder durch Aufbringen von Schaum. Letzteres hat sich als die bessere Technik erwiesen, besonders im Falle des Reaktivdrucks auf Viskosegewebe aus Stapelfasern. Die Abbildung 4.32 und Abbildung 4.33 zeigen Anlagen für den Feuchtigkeitsauftrag mittels Spr hbalken und in Form von Schaum.

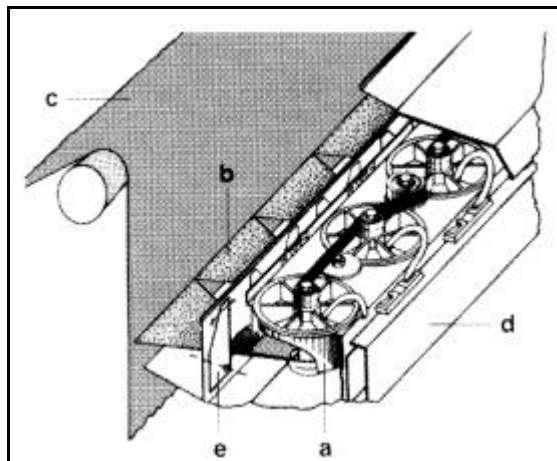


Abbildung 4.32: Sprühsystem für das kontrollierte Befeuchten von textilen Flächen
a = Scheiben, b = Sprühnebel; c = textile Fläche; d = Scheibenhaltung;
e = Einstellung der Spr hintensit t

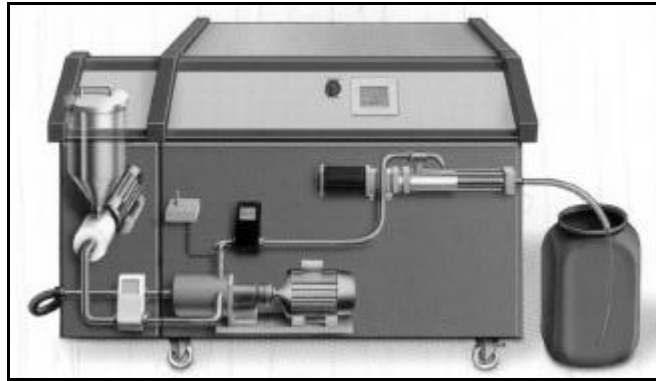


Abbildung 4.33: System zur Herstellung und zum Auftrag von Schaum zur Befeuchtung; der Schaum wird wie beim Rotationsfilmdruck mit einer Rundschablone appliziert

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

In Textilveredlungsbetrieben mit einer Druckereiabteilung sind der Harnstoff und seine Zerfallsprodukte ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) die Haupt-Stickstoffquelle. Im Zuge der Abwasserbehandlung benötigt die Nitrifikation des Ammoniums hohe Luft- und somit hohe Energiemengen. Die Ableitung von Ammonium und Nitrat trägt zur Eutrophierung bei. Die Substitution bzw. Minimierung von Harnstoff führt zu einer beträchtlichen Reduzierung dieser nachteiligen Effekte.

Im Falle von Reaktivdruckpasten kann der Harnstoffgehalt durch den Feuchtigkeitsauftrag von 150 g/kg Paste auf Null gebracht werden. Im Falle von Phthalocyaninkomplex-Reaktivfarbstoffen ist nur eine Verminderung bis auf 40 g/kg Paste möglich, da diese großen Farbstoffmoleküle schlechte Migrationseigenschaften aufweisen. Im Mischabwasser eines Textilveredlungsbetriebes mit Druckereiabteilung konnte die Ammoniumkonzentration von 90-120 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ auf 20 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ gesenkt werden.

Anwendbarkeit

Die Substitution von Harnstoff ist sowohl für bestehende als auch für neue Betriebe möglich, die Reaktivdruck auf Baumwolle, Viskose und entsprechenden Mischungen durchführen.

Cross-media Effekte

Der Feuchtigkeitsauftrag benötigt Energie. Allerdings ist der Verbrauch dafür deutlich kleiner als derjenige für die Herstellung von Harnstoff.

Referenzanlagen

Ulmia, D-Ravensburg-Weissenau; KBC, D-Lörrach; Textilveredlung Wehr, D-Wehr

Betriebsdaten

In einigen Fällen sind beim Auftrag der Feuchtigkeit mit Sprühsystemen die Qualitätsstandards für den Druck nicht erreicht worden. Das System zum Schaumauftrag ist seit mehreren Jahren mit sehr zufriedenstellenden Ergebnissen im Einsatz.

Wirtschaftliche Aspekte

Bezüglich der Investitionskosten ist das Sprühsystem deutlich billiger als das System zum Schaumauftrag. Die Investitionskosten für das Sprühsystem betragen einschließlich der on-line Feuchtigkeitsmessung um 30.000 EURO und für das Schaumauftragssystem um 200.000 EURO.

Gründe für die Anwendung der Technik

Im Hinblick auf die Eutrophierung in Oberflächengewässern haben strenge Grenzwerte der zuständigen Behörden für Ammonium die Einführung dieser Technik vorangetrieben. Wegen des hohen Energiebedarfs für die biologische Nitrifikation haben viele Kommunen das Gebührensystem angepasst und verlangen bei den Indirekteinleitern nun auch Gebühren für die Stickstoffemissionen. Solche Gebührensysteme wirken ebenfalls stark unterstützend für die Anwendung der beschriebenen Technik.

Literatur

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps. U.

Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

4.2.1.4.2 Emissionsarmer Pigmentdruck

Beschreibung

In Abhängigkeit der Prozessbedingungen beim Trocknen und Fixieren können flüchtige organische Komponenten im Pigmentdruck die Abluft belasten. Insbesondere bei der Kombination von Druckfixierung und Ausrüstung ist die Qualität dieser Komponenten von Interesse. Der Benzinpigmentdruck ist in Europa nicht mehr üblich. Hauptquelle der Abluftbelastung im Pigmentdruck sind dennoch aliphatische Kohlenwasserstoffe aus dem Mineralölanteil der Verdicker. Ihr Emissionspotenzial kann bis zu 10 g Org.-C/kg Textil betragen. Heutzutage sind optimierte Verdickersysteme verfügbar. Diese neuen Produkte basieren auf Polyacrylsäuren mit reduziertem Mineralölgehalt. Daneben können Mineralöle auch durch emissionsärmere Polyethylenglykole substituiert werden. Eine weitere Neuentwicklung basiert auf synthetischen Granulaten/Pulvern, die mineralölfrei sind. Eine weitere Quelle für Emissionen im Pigmentdruck (Formaldehyd und Alkohole (hauptsächlich Methanol)) sind die Fixierungsmittel (Vernetzer basierend auf Methylolverbindungen (Melamin-Verbindungen oder Harnstoff-Formaldehyd-Vorkondensate). Produkte mit niedrigem Formaldehydgehalt sind verfügbar. Mit optimierten Druckpasten ist es zudem möglich, Ammoniakemissionen, die aus Ammoniakzusätzen in den Bindemitteln stammen, signifikant zu reduzieren. Weiterhin sind optimierte Druckpasten APEO-frei (Nonylphenol, das als Primär-Abbauprodukt aus APEO entstehen kann, weist eine hohe aquatischen Toxizität und Reproduktionstoxizität auf).

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Tabelle 4.22 zeigt konkrete Beispiele für Emissionsdaten während der thermischen Behandlungsschritte im Pigmentdruck. Die Emissionsdaten wurden an einem Laborspannrahmen ermittelt.

Prozess	Pigmentdruck Rezept I [g Org.-C/kg Textil]	Pigmentdruck Rezept II [g Org.-C/kg Textil]	Pigmentdruck Rezept III [g Org.-C/kg Textil]
Trocknen	2,33	0,46	0,30
Fixieren	0,04	0,73	0,06
Summe	2,37	1,19	0,36

Tabelle 4.22: Emissionen im Pigmentdruck [EnviroTex, 2000]

In Rezept I wurde ein hinsichtlich Mineralölgehalt optimierter Verdicker eingesetzt, im optimierten Rezept II ist Mineralöl gegen ein Polyethylenglykol ausgetauscht. Im optimierten Rezept III wurde ein pulverförmiger Verdicker angewandt. Formaldehyd Emissionen unter 0,4 g CH₂O/kg Textil (angenommenes Luft/Warenverhältnis: 20 m³/kg Textil) können erreicht werden. Verschleppte, flüchtige Substanzen aus dem Druckprozess in den Ausrüstungsprozess können bis zu < 0,4 g Org.-C/kg Textil reduziert werden (angenommenes Luft/Warenverhältnis: 20 m³/kg). Für optimierte Druckpastenrezepturen kann die Ammoniak-Emission unter 0,6 g NH₃/kg Textil reduziert werden (angenommenes Luft/Warenverhältnis: 20 m³/kg).

Anwendbarkeit

Die Technik kann in neuen und bestehenden Anlagen eingesetzt werden. Bei pulverförmigen Verdickern ist der Staubanfall zu beachten; das Zusetzen der Schablonen muss vermieden werden.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte treten nicht auf.

Referenz Anlagen

Diese Technik wird bereits europa- und weltweit angewandt.

Auswahl von Lieferanten

BASF Aktiengesellschaft
D-67056 Ludwigshafen

Bayer AG
Geschäftsbereich Spezialprodukte
D-51368 Leverkusen

BFGoodrich Diamalt GmbH
D-80972 München

CHT R. Beitlich GmbH
D-72072 Tübingen

Ciba Speciality Chemicals Inc.
GB-BD12-OJZ Bradford, West York

Wirtschaftliche Aspekte

Durch die Verminderung der Abluftemissionen kann zum Teil auf Abluftreinigungstechniken verzichtet werden.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die sichere Einhaltung von Abluft-Grenzwerten ist die Hauptmotivation zum Einsatz emissionsarmer Pigmentdruckpasten.

Literatur

[EnviroTex, 2000]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Erweiterte, wichtige immissionsschutzrechtliche Fragestellungen beim Betrieb von Textilveredlungsanlagen – Teilbericht 2: Pigmentdruck

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München (2000)

[Schneider, 1996]

Schneider, R.

Emissions- und abwasserfreier Textildruck – nur eine Visio?

Melliand Textilberichte 77 (1996) 478

[Fay, 1994]

Fay, R.

Pigmentdruck im Spannungsfeld zwischen hohem Qualitätsstandard und ökologischen Anforderungen

Melliand Textilberichte 75 (1994) 1007

[Grund, 1994]

Grund, N.

Ökologische Parameter im Pigmentdruck

Melliand Textilberichte 75 (1994) 630

[Grund, 1995]

Grund, N.

Environmental considerations for textile printing products

JSDC 111 (1995) 7

4.2.1.4.3 Minimierung des Volumens des Zuführungssystems beim Rotationsfilmdruck

Beschreibung

Das Druckpastenzuführungssystem ist in Abbildung 4.34 dargestellt. Sein Volumen hängt vom Durchmesser und der Länge der Leitungen und des Rakelrohrs sowie von der Pumpenkonstruktion ab.

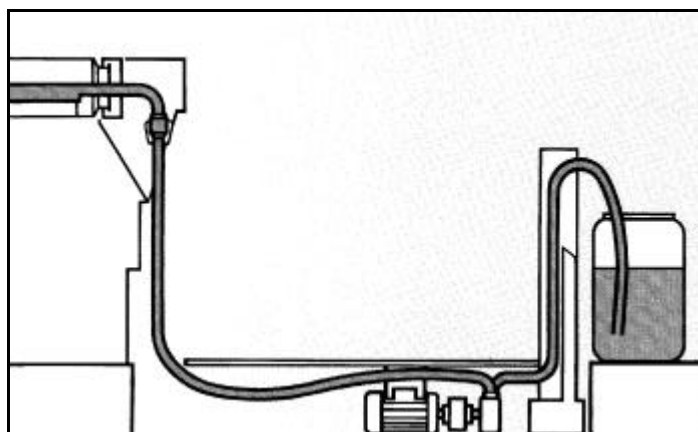


Abbildung 4.34: Druckpastenzuführungssystem einer Rotationsfilm-Druckmaschine, bestehend aus Druckpastenbehälter, Schläuchen, Pumpe und dem (vorderen Teil des) Rakelrohr

Bei Variations- oder Musterwechsel muss das gesamte Druckpastenzuführungssystem gereinigt werden, wodurch beträchtliche Druckpastenmengen ins Abwasser gelangen. Dabei können Druckmaschinen bis zu 20 Druckpastenzuführungssysteme aufweisen. Für modische Drucke beträgt die Anzahl der Farben sieben bis zehn. Typische Systemvolumina für herkömmliche und moderne Druckpastenzuführungssysteme sind in Tabelle 4.23 zusammengestellt. Zusätzlich zu diesem Volumen müssen auch die Druckpastenreste in den Rundschaablonen berücksichtigt werden, die 1-2 kg betragen. Auf diese Weise beträgt bei herkömmlichen Anlagen der Verlust bis zu 8 kg je Zuführungssystem. Diese Menge muss mit der Druckpastenmenge in Beziehung gesetzt werden, die auf das textile Substrat aufgedruckt wird. Dann wird offensichtlich, dass die Druckpastenmenge im Zuführungssystem höher sein kann als die aufgedruckte Menge (im Falle des Drucks von Mustern bis ca. 120 m). In Europa ist die mittlere Partielänge in den vergangenen Jahren deutlich auf 400-800 m zurückgegangen.

Die Minimierung der Systemverluste ist eine zentrale Maßnahme zur Reduzierung der Druckpastenverluste mit dem Abwasser. Die Durchmesser der Zuführungsschläuche und der Rakelrohre sind auf 20-25 mm reduziert worden, wodurch deutliche Reduktionen erreicht werden (siehe Tabelle 4.23).

Druckbreite	Inhalt eines herkömmlichen Zuführungssystems in [l]	Inhalt eines optimierten Zuführungssystems in [l]
164	5,1	2,1
184	5,2	2,2
220	5,5	2,3
250	5,8	2,4
300	6,2	2,6
320	6,5	2,7

Tabelle 4.23: Inhalt eines herkömmlichen und eines optimierten Druckpastenzuführungssystems für den Rotationsfilmdruck, das die Schläuche, die Pumpe und das Rakelrohr umfasst

Insbesondere für kleine Partielängen können zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden:

- Vermeidung der Benutzung des Zuführungssystems durch manuelles Einspritzen kleinerer Mengen an Druckpaste (1-3 kg) direkt in die Rundschaablone oder manuelles Einführen von kleinen Kipptrögen (mit einer Geometrie von 3x3 cm oder 5x5 cm)
- Minimierung der Schlauchlängen durch Zugabe der Druckpasten über Trichter, die direkt über den Pumpen angeordnet sind - im Fall von sehr kurzen Partielängen
- Minimierung der Restpastenmenge in den Schablonen durch Einsatz von Rakelrohren mit einer homogenen Druckpastenverteilung über die Breite
- Manueller Stopp der Druckpastenzuführung kurz vor Partieende zur Minimierung der Restpastenmenge in den Rundschaablone
- Heutzutage können die Pumpen in beide Richtungen betrieben werden; so kann nach Partieende ein Teil der Druckpaste zurück in den Ansatzbehälter gepumpt werden; allerdings sind diesem Zurückpumpen durch das Ansaugen von Luft über die Löcher im Rakelrohr Grenzen gesetzt

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

In Abhängigkeit vom Alter bestehender Druckpastenzuführungssysteme können die Systemvolumina und somit auch die Verluste deutlich reduziert werden. Berücksichtigt man auch die Pumpen, die in beide Richtungen betrieben werden können, beträgt die Reduzierung ca. ein Drittel.

Anwendbarkeit

Die beschriebenen Maßnahmen sind sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen durchführbar.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekt sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

In Europa und weltweit sind zahlreiche Anlagen mit Volumen-minimierten Druckpastenzuführungssystemen ausgerüstet worden und sind erfolgreich in Betrieb.

Betriebsdaten

Das manuelle Einspritzen oder Einführen von Druckpasten und das manuelle Stoppen der Druckpastenzuführung kurz vor Ende einer Partie erfordert gut ausgebildetes und motiviertes Personal. Mittlerweile praktizieren einige Betriebe das manuelle Einspritzen oder Einbringen, andere berichten aber, dass sogar für Kleinpartien (bis zu 120 m) diese Technik zu schwierig in der Anwendung sei. Die Reproduzierbarkeit kann negativ beeinflusst werden, weil die Menge an einzubringender Druckpaste mit den verschiedenen Dessins variiert, was für das Personal schwierig zu handhaben sei. Weiterhin sei es schwierig, ein konstantes Niveau an Druckpaste in den Schablonen aufrecht zu erhalten, was auch eine konstante Druckqualität nachteilig beeinflussen kann.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Installation von 12 Zuführungssystemen mit Volumen-minimierten Zuführungsschläuchen und Rakelrohren erfordert eine Investition um 25.000 EURO.

Gründe für die Anwendung der Technik

Das Erfordernis der Kostenreduzierung durch Minimierung der Druckpastenverluste sowie Abwasserprobleme waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduzierung der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

Informationsmaterial von Herstellern von Rotationsfilmdruckmaschinen, insbesondere Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeer und J. Zimmer Maschinenbau GesmbH, A-6330 Kufstein

4.2.1.4.4 Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem beim Rotationsfilmdruck

Beschreibung

Diese Technik kann mit der beschriebenen Technik "Minimierung des Volumens des Zuführungssystems beim Rotationsfilmdruck" (4.2.1.4.3) kombiniert werden. Die im Zuführungssystem verbleibende Druckpastenmenge wird zurückgewonnen. Bevor das System gefüllt wird, wird ein Ball in das Rakelrohr eingeführt, der dann mit der eingepumpten Paste bis zum Ende des Rakelrohres befördert wird. Nach Beendigung einer Partie wird der Ball mittels kontrollierter Druckluft zurückbefördert. Zur gleichen Zeit ist die Pumpenrichtung geändert worden und die Druckpaste im Zuführungssystem wird in den Ansatzbehälter zurückgepumpt. Der Ansatzbehälter enthält dann nach wie vor eine sortenreine Druckpaste, die leicht wiederverwendet werden kann. Dafür sind verschiedene Systeme verfügbar (4.2.1.4.5).

Der Vorgang der Druckpastenrückgewinnung aus dem Zuführungssystem ist in Abbildung 4.35 wiedergegeben; die Momentaufnahme zeigt den Ball beim Pumpvorgang in Richtung zum Ende des Rakelrohres.

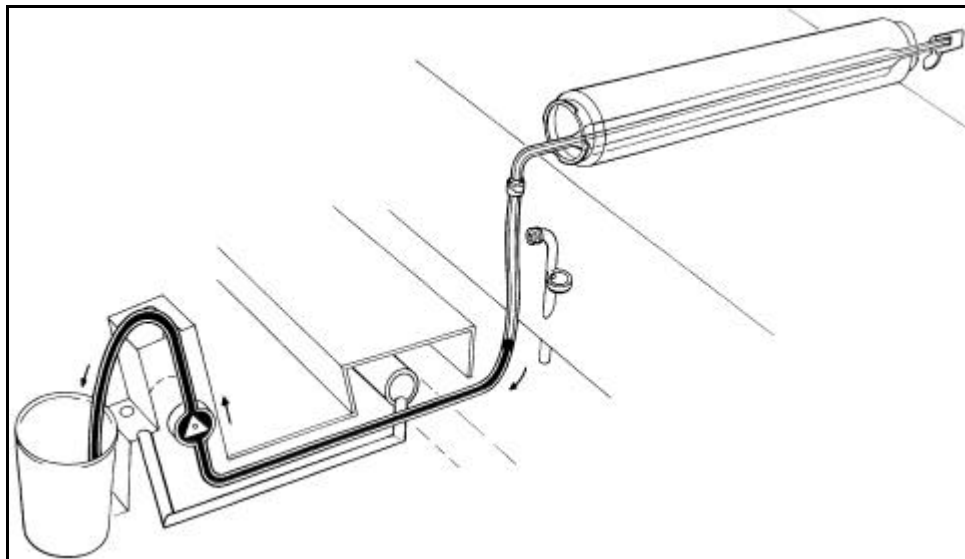


Abbildung 4.35: Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Druckpastenzuführungssystem durch Zurrückpumpen und Einführen eines Molchballes - [Stork, 2001]

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Verlust an Druckpaste wird drastisch reduziert. Bei einer Druckbreite von 1620 mm beispielsweise wird der Verlust von 4,3 kg (im Falle eines nichtoptimierten Druckpastenzuführungssystems) auf 0,6 kg reduziert. Rotationsfilmdruckmaschinen weisen bis zu 20 Zuführungssysteme auf. Gleichwohl sind in der Praxis für modische Drucke 7 bis 10 verschiedene Druckpasten üblich. Die Einsparung je Zuführungssystem in Höhe von 3,7 kg ist mit der Farbenanzahl zu multiplizieren. Auf diese Weise kann die Abwasserbelastung beträchtlich minimiert werden.

Anwendbarkeit

Diese Technik ist für neue Maschinen (neue Rotationsfilmdruckmaschinen) anwendbar. Bestimmte bestehende Maschinen können nachgerüstet werden. Letzteres ist nur bei einem Hersteller machbar (Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeer). Alle Maschinen dieses Herstellers, die neuer als die sogenannte RD-III (das bedeutet RD-IV und alle Nachfolgemodelle) können mit der beschriebenen Technik nachgerüstet werden.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekte sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Weltweit, aber besonders in Europa, sind zahlreiche Rotationsfilmdruckmaschinen in Betrieb, die mit der beschriebenen Technik ausgerüstet sind.

Betriebsdaten

Die Textilveredlungsbetriebe wenden diese Technik erfolgreich an, besonders in Kombination mit dem Recycling der zurückgewonnen Druckpasten.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für die Nachrüstung einer Rotationsfilmdruckmaschine mit 12 neuen Rakelrohren und Schläuchen beträgt für eine Druckbreite von 1850 mm ca. 42.000 EURO. Aus der Tabelle 4.24 kann die Amortisationszeit abgelesen werden.

Anzahl der Druckpastenwechsel pro Tag	8
Arbeitstage pro Jahr	250 d
Durchschnittliche Anzahl an Druckpasten je Muster	7
Einsparung an Druckpaste je Zuführungssystem	3,7 kg
Druckpastenpreis	0,6 EURO/kg
Einsparungen pro Jahr	31.080 EURO/a

Tabelle 4.24: Berechnung der Einsparungen durch die Installation der Technik zur Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem; die Anzahl der Druckpastenwechsel können in der Praxis auch höher sein wie auch die durchschnittliche Anzahl an Druckpasten je Dessin

Das Beispiel in Tabelle 4.24 gilt für den Fall, dass die bestehenden Pumpen beibehalten werden. Dann muss normalerweise ein bestimmter Viskositätsbereich der Druckpasten eingehalten werden. Soll der Viskositätsbereich unbegrenzt sein, müssen auch die Pumpen durch neue ersetzt werden. Dann betragen die Investitionskosten 90.000 EURO. In diesem Fall beträgt die Amortisationszeit nicht ein Jahr wie in Tabelle 4.24, sondern ca. zwei Jahre. Für das vorgenannte Beispiel gibt es seitens eines Textilveredlungsbetriebes den Hinweis, dass die Kosten 25% höher liegen (112.000 EURO anstelle von 90.000 EURO).

Außerdem muss in der Praxis berücksichtigt werden, dass nicht die gesamte Menge an rückgewonnenen Druckpasten wiederverwendet werden kann. Dies ist besonders bei solchen Betrieben der Fall, die verschiedenen Arten an Druckpasten und dadurch logistische Probleme haben (begrenzte Umgang- und Lagerkapazitäten). Es werden Recyclingraten von nur 50-75% berichtet, die die Amortisationszeit deutlich verlängern.

Gründe für die Anwendung der Technik

Große Abwasserprobleme und die Erfordernis zur Reduzierung der Druckpastenverluste aus ökonomischen und Umweltaspekten waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[Stork, 2001]

Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeer

The 3E-squeegee - Lower cost by reduced paste losses

Brochure

[Kool, 1993]

Kool, R. J. M.

Rotary-screen printing, alive and kicking

Journal of the Society of Dyers and Colourists 109 (1993) 318-322

[UBA, 1994]
Schönberger, H.; Kaps, U.
Reduzierung der Abwasserbelastung in der Textilindustrie
UBA-Texte 3/94 (1994)

4.2.1.4.5 Recycling von Restdruckpasten

Beschreibung

Druckpasten sind hoch konzentriert und bestehen aus Farbstoffen, Verdickungsmitteln und verschiedenen weiteren Chemikalien, die für die verschiedenen Druckpastenarten spezifisch sind (vor allem Pigment-, Reaktiv-, Küpen- und Dispersionsdruckpasten). Typischerweise werden bei nicht optimierten Systemen ein Großteil der Druckpasten (40-60%) vor allem ins Abwasser eingetragen. Vor diesem Hintergrund entstehen erhebliche Umweltprobleme. Lange Zeit wurden die Druckpasten manuell in einer entsprechenden Farbküche zubereitet. Dabei wurden von Anfang an Restdruckpasten zur Zubereitung neuer Druckpasten wiederverwendet, was aber stark von den zuständigen Mitarbeitern und der aktuellen Produktion abhängt. Heutzutage werden die Druckpasten üblicherweise automatisch mit computergesteuerten Systemen zubereitet. Jede Druckpaste hat ihr spezifisches Rezept, das elektronisch hinterlegt ist. Druckpasten werden mit einem gewissen Überschuss hergestellt, um eine Unterbrechung des Druckens wegen fehlender Druckpasten zu vermeiden. Auf diese Weise müssen beträchtliche Mengen an Restdruckpasten bewältigt werden und so gelangen nach wie vor größere Mengen ins Abwasser. Dies erzeugt zum einen erhebliche Abwasserprobleme und beeinträchtigt zum anderen die Wirtschaftlichkeit. Bei der Rückgewinnung von Druckpasten aus den Zuführungssystemen beim Rotationsfilmdruck (siehe 4.2.1.4.4) erhöht sich die Notwendigkeit des Recyclings.

Es sind verschiedene Systeme für das Recycling von Restdruckpasten verfügbar. Eine Möglichkeit besteht darin, die Restdruckpaste zu wiegen und einem bestimmten Platz in einer Speichereinheit zuzuweisen. Die Zusammensetzung der Druckpaste ist elektronisch gespeichert und mit entsprechender Software können die Restdruckpasten in neue Druckpasten eingearbeitet werden. Dazu werden die Restdruckpasten manuell aus der Speichereinheit geholt und dem automatischen Druckpastenzubereitungssystem zugeführt (siehe Abbildung 4.36 als Beispiel).

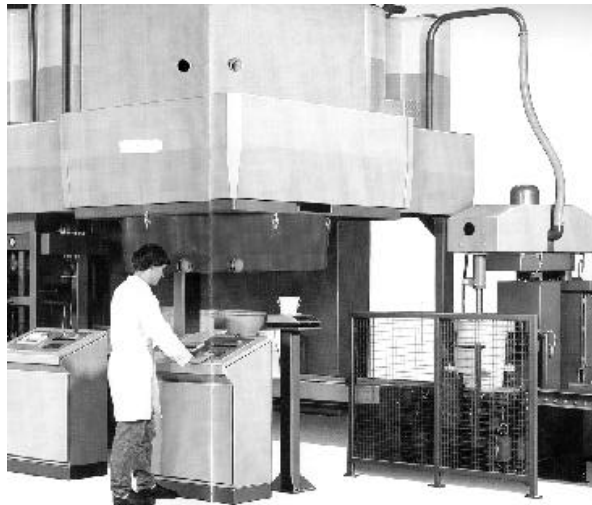


Abbildung 4.36: Beispiel für eine automatische Anlage zur Zubereitung von Druckpasten, in der Restdruckpasten in die neuen Druckpasten eingearbeitet werden können

Eine andere Möglichkeit besteht darin, alle Kübel mit Restdruckpasten zu entleeren und nach ihrer chemischen Charakteristik zu sortieren. Letztere besteht vor allem in der Farbstoffklasse (z.B. Pigment- oder Reaktivfarbstoffe) und der Art der Verdickungsmittel. Zur Minimierung der Druckpastenverluste werden die Behälter zunächst mit einem Schaber gereinigt, anschließend gewaschen und für die Herstellung neuer Druckpasten verwendet. Ein Beispiel für diesen Ansatz zeigt Abbildung 4.37. Mit dieser Technik kann das Lagern von Restdruckpasten minimiert werden.

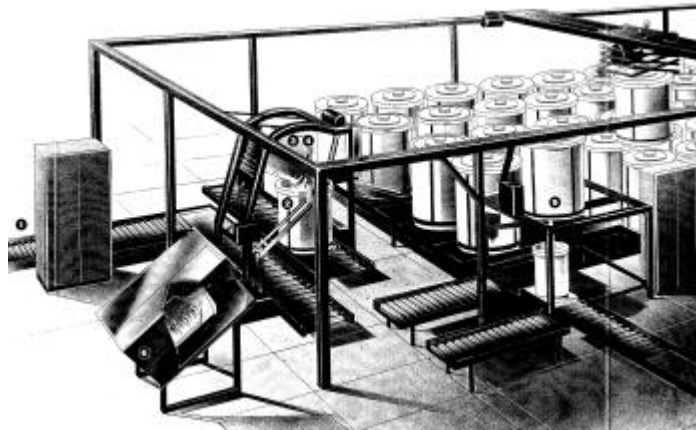


Abbildung 4.37: Beispiel für das Druckpastenrecycling; die Behälter werden automatisch entleert und entsprechend ihrer Zusammensetzung den Zwischenlagerbehältern zugeführt - [Eing, 1997]

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Menge an abgeleiteten oder entsorgten Druckpasten wird deutlich reduziert. Die Menge an Restdruckpasten wird zumindest zu 50% vermindert, in vielen Fällen bis zu 75%.

Anwendbarkeit

Die Technik des Druckpastenrecyclings ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen anwendbar. Allerdings erfordert der Einsatz von vollautomatischen Systemen eine Mindestgröße der Druckerei, die mit drei Rotationsfilmdruckmaschinen bzw. Flachfilmdruckmaschinen angesetzt wird.

Cross-media Effekte

Cross-media Effekt sind nicht bekannt.

Referenzanlagen

Besonders in Europa, aber auch weltweit sind verschiedene Anlagen verschiedener Hersteller in Betrieb. Wichtige Hersteller sind:

- Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeers
- GSE Klieverik Dispensing, NL-6971 GV Brummen
- I.A.S. Industrial Automation Systems S.R.L., I-22077 Oligate Comasco

Betriebsdaten

Von Textilveredlungsbetrieben, die solche Anlagen betreiben, wird berichtet, dass für die Einführung dieser Technik in die tägliche Routine eine gewisse Anlaufzeit erforderlich ist. Nach Anfangsschwierigkeiten arbeiten die verfügbaren Systeme aber zufriedenstellend. Die Systeme sind besonders dann effizient, wenn die Textilveredlungsbetriebe nur eine oder zwei Arten von Druckpasten (z.B. Pigment- und Reaktivdruckpasten) haben. Sofern die Betriebe mehrere Druckpastenarten applizieren, ist die Anzahl verschiedener einzelner und Mischungen von Restdruckpasten aus logistischen Gründen nur mit Schwierigkeiten zu bewältigen. In diesen Fällen liegen die erreichbaren Recyclingraten zwischen 50 und 75%.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für automatische Anlagen belaufen sich auf 0,5 -1 Million EURO und hängen im wesentlichen von der Anlagengröße und der Anzahl verschiedener, zu recycelnder Druckpasten ab. Als Amortisationszeiten werden zwei bis fünf Jahre berichtet, die von den individuellen Verhältnissen abhängen.

Gründe für die Anwendung der Technik

Wirtschaftliche Überlegungen und Notwendigkeiten sowie die Probleme mit der Entsorgung von Restdruckpasten waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[Eing, 1997]

Anonym

Bericht zur neuen Druckpasten-Recyclinganlage bei der H. Eing Textilveredlung GmbH & Co, D-48712 Gescher

Melliand Textilberichte 78 (1997) 512

4.2.1.4.6 Zwei-Phasen Reaktivdruck

Beschreibung

Beim herkömmlichen Einphasendruck mit Reaktivfarbstoffen wird Harnstoff zur Erhöhung der Löslichkeit der Farbstoffe und zur Steigerung der Kondensatbildung, die für die Migration der Farbstoffe aus der Druckpaste auf das Textil wichtig ist, eingesetzt. In Abhängigkeit von den Substraten, der Qualität der Vorbehandlung, Fixierbedingungen und Farbstoffe wird Harnstoff in Mengen zwischen 20 bis 200 g/kg zur Druckpaste hinzugefügt. Im Einphasendruck kann eine Minimierung oder gar Substitution des Harnstoffes durch kontrolliertes Befeuchten erreicht werden (siehe 4.2.1.4.1).

Der Harnstoffeinsatz beim Textildruck hat die folgenden ökologischen Nachteile:

- hoher Stickstoffgehalt im Abwasser, der zur Eutrophierung von Gewässern beitragen kann
- Sublimation von Harnstoff und Ammoniakbildung in den Druckmansarden; dies kann zu erhöhten Arbeitsplatzkonzentrationen und Grenzwertüberschreitungen in der Abluft führen

Die Verfahrensschritte beim harnstofffreien Reaktiv-Zweiphasendruck sind:

- Bedrucken mit der Druckpaste, die Verdicker, Pigmente und Wasser enthält
- Zwischentrocknen
- Klotzen mit alkalischer Fixierflotte (meist Wasserglas)
- Fixierung mittels überhitztem Dampf
- Drucknachwäsche (Entfernung der Verdicker, Verbesserung der Echtheitseigenschaften)

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die wesentlichen Vorteile des Zweiphasendrucks sind in der Verminderung der Stickstoffbelastung im Abwasser und des Ammoniakgehaltes in der Abluft zu sehen. Zudem weisen die Druckpasten beim Zweiphasendruck eine verbesserte Lagerstabilität auf, was bei der Wiederverwendung der Restdruckpasten von Vorteil ist.

Anwendbarkeit

Der Reaktiv-Zweiphasendruck wird auf Baumwoll- und Viskosesubstraten ausgeführt. Zur Applikation der Fixierflotte wird eine Kombination von Imprägniervorrichtung (Foulard) und Dämpfer (überhitzer Dampf) benötigt. Es können Reaktivfarbstoffe auf Basis von Monochlortriazin und Vinylsulfonen eingesetzt werden. Bei Türkis- und Grüntönen muss mit Harnstoffzusätzen gearbeitet werden (100 g/kg Druckpaste).

Cross-media Effektes

Cross-media Effekte treten nicht auf.

Referenz Anlagen

Die Technik wird in drei französischen und einem italienischen Betrieb angewandt; in Deutschland wird zur Zeit eine Reaktiv-Zweiphasendruck-Anlage aufgebaut.

Betriebsdaten

Typische Druckpastenrezeptur:

Verdickerstammansatz:

- | | |
|---------------------------------------|---------|
| - Verdicker auf Alginatbasis (3-12%) | 700 g |
| - Oxidationsmittel | 50 g |
| - Komplexbildner | 3 g |
| - Konservierungsmittel | 0,5-1 g |
| - Wasser | x g |
| - gesamt | 1000 g |

Druckpaste:

Verdickerstammansatz	:	800 g
Reaktivfarbstoff		x g
Wasser		y g
gesamt		1000 g

Die Fixierung erfolgt mittels überhitztem Dampf (90 s bei 125 °C).

Wirtschaftliche Aspekte

Ein geringerer Energieverbrauch im Vergleich zum Einphasendruck wird festgestellt.

Gründe für die Anwendung der Technik

Ökologische wie auch ökonomische Aspekte und Qualitätsaspekte sprechen für die Anwendung des Zweiphasendrucks. Insbesondere die Möglichkeit zur Fehlerkorrektur bei der bedruckten aber noch nicht fixierten Ware und die Unempfindlichkeit des Verfahrens gegenüber Veränderungen der Trocknungsbedingungen (Maschinenstopps, Änderung der Geschwindigkeit) sind als Vorteile der Technik anzusehen.

Literatur

[DyStar, 2000]

DyStar, D-Frankfurt/Main

Produktinformation (2000)

4.2.1.5 Ausrüstung

4.2.1.5.1 Spannrahmen mit optimiertem Energieverbrauch

Beschreibung

Spannrahmen werden in der Textilveredlung hauptsächlich für

- das Thermofixieren
- das Trocknen
- Thermosolierprozesse
- und die Ausrüstung (Appretur)

eingesetzt.

Grob geschätzt, wird in Textilveredlungsbetrieben jedes Textilsubstrat ca. 2,5 mal an einem Spannrahmen behandelt, der daher oftmals den Engpass in der Veredlung darstellt. Im Hinblick auf die ökologische Relevanz sowie Investitions- und Betriebskosten eines Spannrahmens ist es naheliegend, dass auf den Energieverbrauch das Hauptaugenmerk bezüglich der Spannrahmentechnologie gelegt wird (siehe Abbildung 4.38).

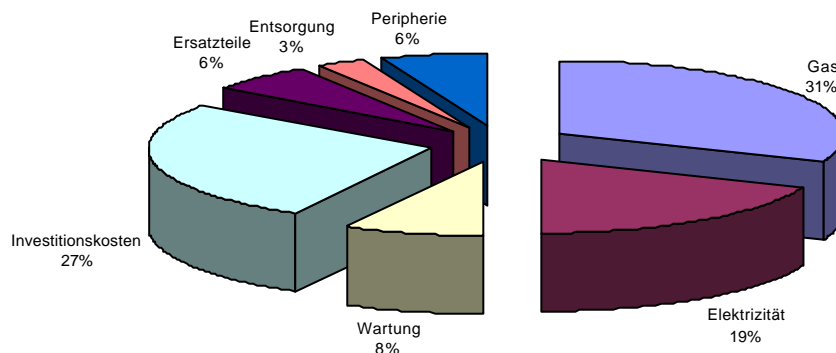


Abbildung 4.38: Betriebs- und Investitionskosten für einen Spannrahmen (10 Jahre Laufzeit angenommen)

Der spezifische Energieverbrauch an energetisch optimierten Anlagen liegt in der Größenordnung von 3500-4500 kJ/kg Textil. Der Energieverbrauch hängt allerdings sehr stark von der Art der an den Spannrahmen durchgeführten Prozesse ab.

Ein großer Wärmebedarf ergibt sich bei Spannrahmen durch die Verdampfung von Wasser bei Trocknungsprozessen und Abgas-Wärmeverlusten. Eine bestmögliche mechanische Entwässerung vor der Trocknung am Spannrahmen trägt dazu bei, den Energiebedarf am Spanrahmen zu vermindern. Zudem sollte das Luft/Waren-Verhältnis an den Aggregaten so niedrig wie möglich gehalten werden.

Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei Spannrahmenaggregaten aufgeführt. Neben den unten aufgeführten Technologien, können auch Substitutionsmaßnahmen bei den verwendeten Textilhilfsmitteln sowie Änderungen in der Prozessführung zu signifikanten Energieeinsparungen bei Trocknungs- und Fixierprozessen führen.

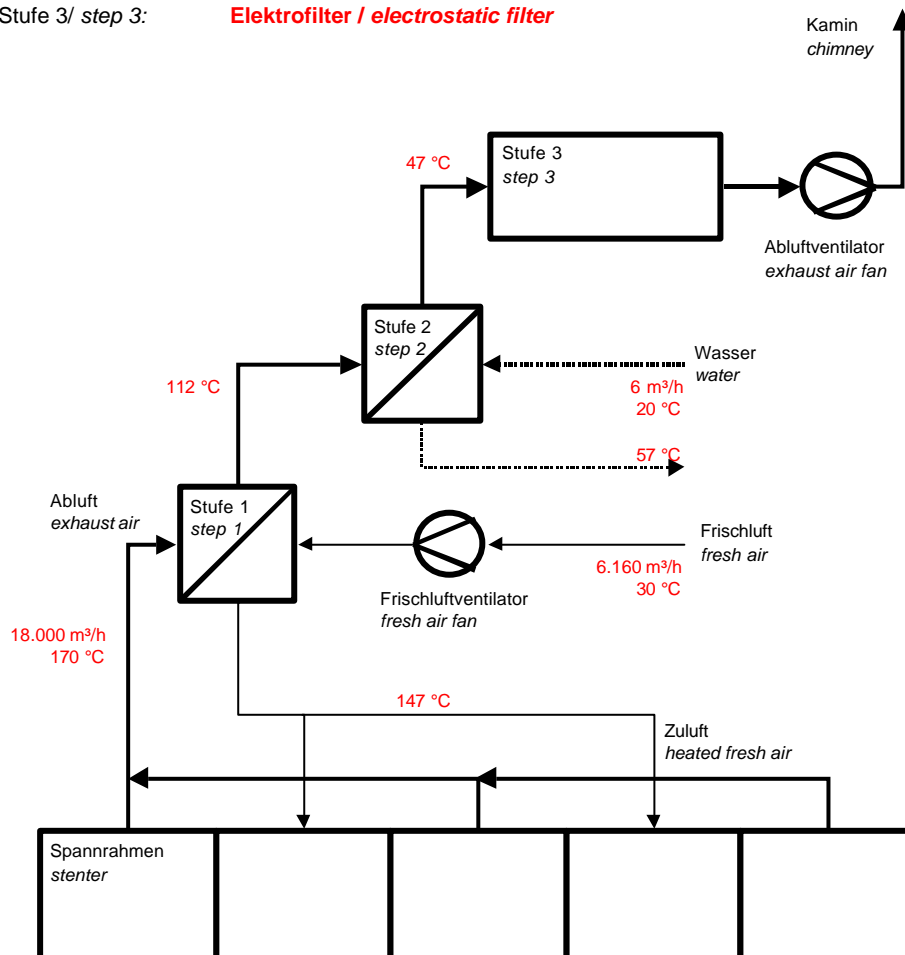
Wärmerückgewinnung

Mittels Luft/Wasser-Wärmetauschern können bis zu 70% Energie aus der Abluftwärme zurückgewonnen werden. Bestehende Anlagen können umgebaut werden. Das anfallende Warmwasser kann, wenn Bedarf besteht, in der Veredlung eingesetzt werden. Zur Abgasreinigung besteht die Möglichkeit dem Luft/Wasser-Wärmetauscher einen Elektrofilter nachzuschalten.

Bei Neuanlagen können Luft/Luft-Wärmetauscher installiert werden. Die im Wärmetauscher erhitze Frischluft wird dem Spannrahmenaggregat zugeführt, was den Vorteil hat, dass die Wärmenergie immer dann anfällt, wenn auch ein Wärmebedarf vorhanden ist. Ca. 30% der Abluftwärme können zurückgewonnen werden. Neben einstufigen Luft/Luft-Wärmetauschern sind auch zweistufige Systeme (Luft/Luft-Wärmetauscher mit nachgeschaltetem Luft/Wasser-Wärmetauscher) möglich. Zur Abgasreinigung kann dem Wärmetauscher ein Elektrofilter nachgeschaltet werden. Ein Flussbild für eine Wärmerückgewinnung und Abgasreinigung basierend auf einem Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmetauscher und einem Elektrofilter ist in Abbildung 4.39 dargestellt.

Auch Systeme auf Basis von Luft/Luft-Wärmetauschern mit nachgeschaltetem Wäscher und Elektrofilter sind im Einsatz (siehe Abbildung 4.40).

Stufe 1 / step 1: **Wärmerückgewinnung Luft/Luft / heat recuperation air/air**
 Stufe 2 / step 2: **Wärmerückgewinnung Luft/Wasser / heat recuperation air/water**
 Stufe 3 / step 3: **Elektrofilter / electrostatic filter**



Wärmeleistung Stufe 1 / Total Heating Output Step 1: **232 kW**
 Wärmeleistung Stufe 2 / Total Heating Output Step 2: **256 kW**

Abbildung 4.39: Wärmerückgewinnung und Abgasreinigung mit einer Kombination aus Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmetauscher und einem nachgeschalteten Elektrofilter [Brückner, 2001]

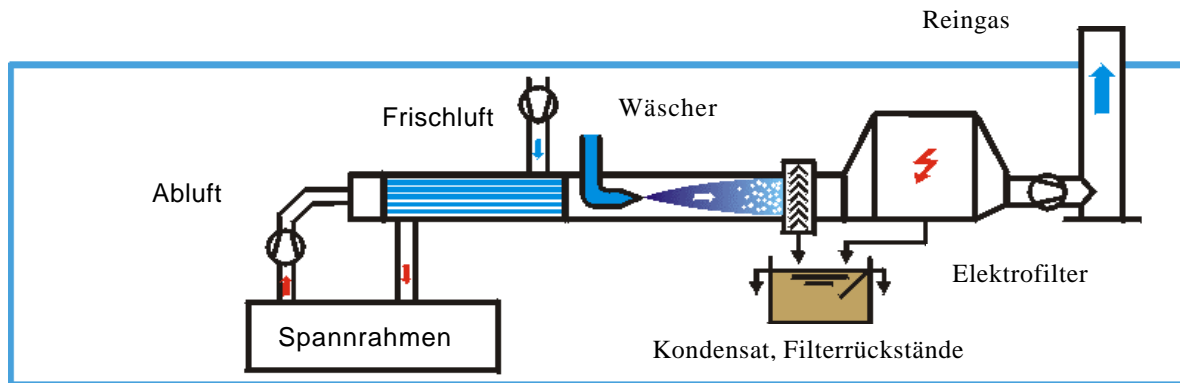


Abbildung 4.40: Wärmerückgewinnung und Abgasreinigung mit einer Kombination aus einem Luft/Luft -Wärmeaustauscher und nachgeschaltetem Wäscher und Elektrofilter [Koenig, 2000]

Isolierung

Eine optimierte Isolierung des Spannrahmengehäuses führt zu deutlich geringeren Abstrahlverlusten. Dazu ist die Auswahl von geeigneten Isoliermaterialien und einer ausreichenden Dicke der Isolation notwendig. Allerdings beträgt der durch Abstrahlungsverluste hervorgerufene Wärmeverlust nur ca. 2-4% des gesamten Wärmebedarfs der Spannrahmenaggregate.

Mess-und Regelungstechnik für Temperatur, Luftdurchsatz, Luftfeuchtigkeit und Warenfeuchte

Für reine Trocknungsprozesse ist die Umluft- oder Abluftfeuchte ein Maß für die erforderliche Abluft- und damit auch der Frischluftmenge. Über Messung und Steuerung der Umluft- bzw. Abluftfeuchte kann der Feuchtigkeitsgehalt der Abluft bzw. Umluft auf ein Maximum eingestellt werden. Dadurch reduziert sich der Frischluft- und Energieverbrauch. Als ein Optimum für die Abluft- oder Umluftfeuchte gelten 100 bis 120 g Wasser/kg Luft bei einer Temperatur von 160 bis 180 °C. Durch Messung der Warentemperatur mittels Pyrometern können optimale Verweilzeiten und Lufttemperaturen eingestellt werden. Dadurch kann der Energieverbrauch zusätzlich minimiert werden.

Die Wareneingangsfeuchte sollte durch spezielle Abquetschwalzen oder dem Foulard nachgeschaltete Saugbalken so gering wie möglich gehalten werden. Der Energieverbrauch des Spannrahmens kann bis zu 15% reduziert werden, wenn die Wareneingangsfeuchte von 60% auf 50% verringert wird.

Brennertechnologie

Methanemissionen aus direkt gasbeheizten Spannrahmen können mit Hilfe optimierter Brenner und ausreichender Wartung der Brenner reduziert werden. Mit optimierten Brennern sind 10-15 g Methan (als Organisch-C)/h zu erreichen [EnviroTex, 1998; EnviroTex, 2001]. Bei einem Frischluftdurchsatz von 10.000 m³/h und einem Spannrahmen mit 8 Brennern entspricht dies einer durch Methan hervorgerufenen Organisch-C-Konzentration von 8-16 mg/m³. Es muss jedoch beachtet werden, dass Methanemissionen aus Brennern stark von der jeweiligen Brennerauslastung abhängen.

Moderne Brennertechnologien, die im deutschen Spannrahmenbau zum Einsatz kommen, werden von

- Eclipse, USA
- Maxxon, USA

geliefert.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Energieeinsparungen durch energetisch optimierte Spannrahmen vermindern die Abluftbelastung durch das Treibhausgas Kohlendioxid, Methan und weitere Verbrennungsgase.

Anwendbarkeit

Die beschriebenen Technologien können in allen Neuanlagen eingebaut werden. Beim Umbau bestehender Anlagen sind die technisch/logistischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen entscheidend. Wenn Prozessparameter wie Warenfeuchte oder das Luft/Waren-Verhältnis geändert werden, müssen Qualitätsaspekte berücksichtigt werden.

Cross-media Effekte

Wenn Abgasreinigungssysteme installiert werden, werden erhöhte Ventilatorleistungen benötigt; dadurch steigt der Energieverbrauch an. Substanzen (insbesondere Präparationsmittel), die an Wärmetauschern anfallen, müssen separat aufgefangen und entsorgt werden. Bei wässrigen Wäschern gelangen die Abluft-Inhaltsstoffe in das Abwasser. Im Vergleich zur Gesamtabwasserbelastung des Veredlungsbetriebes ist der Eintrag jedoch vernachlässigbar und eine biologische Abwasserbehandlung in der Regel ausreichend.

Referenzanlagen

Die beschriebenen Technologien werden in deutschen Veredlungsbetrieben und auch weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Zur Reduzierung des Energieverbrauchs an Spannrahmen muss, insbesondere wenn Wärmerückgewinnungssysteme installiert sind, eine sorgfältige Wartung (Reinigung der Wärmetauscher und Spannrahmen, Kalibrieren der Mess- und Regelungstechnik, Brennerjustierung etc.) erfolgen. Zum Teil sind wöchentliche Reinigungsintervalle notwendig. Durch eine optimierte Produktionsplanung in der Veredlung können Maschinenstillstände und Aufheiz-/Abkühl-Schritte reduziert werden, was ebenfalls zu beträchtlichen Energieeinsparungen führen kann.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmerückgewinnungssystemen hängt stark von der jeweiligen lokalen Situation ab. In Tabelle 4.25 sind zwei Berechnungsbeispiele zur Amortisation von Wärmerückgewinnungssystemen aufgeführt [EnviroTex, 2000]:

Beispiel 1: Luft/Luft und Luft/Wasser- Wärmetauscher

Parameter:

Wärmerückgewinnungssystem:	Rohrbündel-Wärmetauscher
Trocknungstemperatur:	130°C
Fixiertemperatur:	190°C
Abgasvolumenstrom:	15.000 m ³ /h
Abgasfeuchtegehalt „Trocknen“:	70 g/m ³
Abgasfeuchtegehalt „Fixieren“:	40 g/m ³
Effizienz:	70%
Heizwert des Gases:	9,3 kWh/m ³
Gaskosten:	0,25 EURO/m ³
Wartungskosten:	1000 EURO/a
Zinsen:	6%

Berechnung:

		Einschicht		Zweischicht		Dreischicht	
	Prozess	Ein- sparungen [EURO]	Amorti- sationszeit [a]	Ein- sparungen [EURO]	Amortisa- tionszeit [a]	Ein- sparungen [EURO]	Amorti- sationszeit [a]
Luft/Wasser	Trocknen	32050	5,7	64150	2,6	96150	1,7
Frischwasser- temp.:15°C	Fixieren	34450	5,4	68900	2,4	103350	1,5
Luft/Wasser	Trocknen	18050	12,6	36100	5,9	54150	3,3
Frischwasser- temp.:40°C	Fixieren	23350	8,6	46700	3,7	70050	2,4
Luft/Luft	Trocknen	8000	> 20	16000	15,6	24000	8,5
Frischluf- temp.:20°C	Fixieren	11000	> 20	22000	9,6	33000	6,6

Tabelle 4.25: Amortisationszeit von Wärmerückgewinnungssystemen [EnviroTex, 2000]

Beispiel 2: Luft/Luft-Wärmeaustauscher für einen Abluftvolumenstrom von 18000m³/h an einem indirekt beheizten Spannrahmen [Babcock 2001]

Parameter:

Anlagenleistung:	232 kW
Jährliche Betriebszeit:	4800 h/a
Brennstoffpreis:	0,031 EURO/kWh
Wirkungsgrad der Thermoölanlage:	80%
Zusätzliche Ventilatorleistung:	8,05 kW
Strompreis:	0,107 EURO/kWh
Zinsfaktor:	6 %
Nutzungsdauer:	10 a
Investitionskosten:	60.0000 EURO

Berechnung:

Jährliche Einsparung an Heizkosten:	43152 EURO
Jährl. zusätzliche Energiekosten (Ventilatoren):	4135 EURO
Jährl. Wartungskosten:	1800 EURO
Jährliche Kapitalkosten:	8152 EURO
Jährlicher Gewinn:	29065 EURO
Amortisationszeit:	1,6 a

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Senkung des Energieverbrauchs und damit einhergehende Kostensenkungen sind die Hauptgründe für den Einsatz von energetisch optimierten Spannrahmen bzw. Wärmerückgewinnungssystemen.

Literatur

[Babcock, 2001]
Babcock Textilmaschinen, D-Seevetal
Produktinformation

[Brückner, 2000]

Brückner Trockentechnik GmbH, D-Leonberg
Produktinformation und mündliche Mitteilung

[Monforts, 2001]

Monforts Textilmaschinen GmbH, D-Mönchengladbach
Produktinformation und mündliche Mitteilung

[Fischer, 1992]

Fischer, R.

Zur Beurteilung von Thermomaschinen und den entsprechenden thermischen Prozessen. Teil A und B.
textil praxis international (1991) 468-472, 562-566; (1992) 744-746, 853-856, 1063-1071

[EnviroTex, 1998]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionen aus der Direktbefeuerung von Textilveredlungsanlagen. Teil 1: Emissionsverhalten von
direktbefeuelten Sopannrahmen

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, D-München, 1998

[EnviroTex, 2000]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

CO₂ -Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Textilveredlungsindustrie

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, D-Augsburg, 2000

[EnviroTex, 2001]

EnviroTex GmbH, D-Augsburg

Emissionsmessungen (nicht veröffentlicht)

[Koenig, 2000]

Koenig AG, CH-Oberaach

Produktinformation

[Heck, 2001]

Heck Filtertechnische Anlagen GmbH, D-Köln

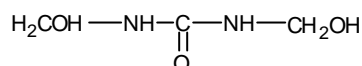
Produktinformation

4.2.1.5.2 Formaldehydarme Pflegeleichtausrüstung

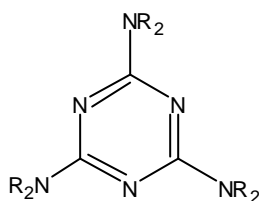
Beschreibung

Die Pflegeleichtausrüstung (Knitter- und Krumpffreiausrüstung) wird hauptsächlich für cellulosische Fasern und deren Mischungen zur Verbesserung des Knitterverhaltens und/oder Erhöhung der Formstabilität der Waren eingesetzt.

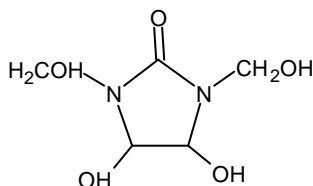
Pflegeleichtausrüstungsmittel sind in der Mehrzahl Verbindungen (sogenannte Vernetzer), die aus Harnstoff, Melamin, cyclischen Harnstoffderivaten und Formaldehyd synthetisiert werden. Reaktive (vernetzende) Gruppen sind meist freie oder veretherte N-Methylol-Gruppen (siehe Abbildung 4.41). Um die Vernetzungsreaktionen zu beschleunigen, werden in der Regel Metallsalzkatalysatoren eingesetzt.



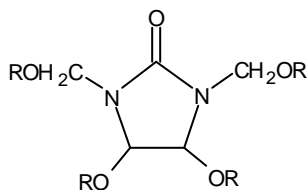
Dimethylolharnstoff and Dimethylolharnstoff-Derivate



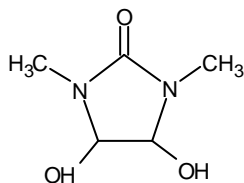
Melamin Derivate (R = H, CH₂OH, CH₂OCH₃)



1,3-Dimethylol-4,5-dihydroxyethylenharnstoff



1,3-Dimethylol-4,5-dihydroxyethylenharnstoff-Derivate (R = H, CH₃)



1,3-Dimethyl-4,5-dihydroxyethylenharnstoff (DMeDHEU)
(1,3-Dimethyl-4,5-dihydroxyimidazolidinon-2; DMDHI)

Abbildung 4.41: Chemische Strukturen von Vernetzern

Formaldehydarme oder formaldehydfreie Produkte sind – vorausgesetzt die erforderlichen textiltechnologischen Effekte werden erreicht - eine Alternative.

Einen groben Überblick über verschiedene Produkttypen und ihr Vermögen, Formaldehyd abzuspalten, gibt Tabelle 4.26.

Art des Vernetzers	Formaldehydabspaltung
Dimethylol-Harnstoff	hoch
Melamin-Formaldehyd- Kondensationsprodukte	hoch
Dimethyloldihydroxyethylen-Harnstoff (DMDHEU)	hoch
Dimethyloldihydroxyethylen-Harnstoff-Derivate (DMDHEU) (hauptsächlich eingesetzt)	niedrig
modifizierter Dimethyldihydroxyethylen-Harnstoff	formaldehydfrei

Tabelle 4.26: Überblick über die Formaldehydabspaltungskapazität der wichtigsten Vernetzer

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Durch den Einsatz formaldehydarmen oder -freier Produkte kann eine Reduzierung der Formaldehyd-emission in der Veredlung erreicht werden. Zudem können Formaldehydrestgehalte auf dem Textil minimiert werden (< 75 mg/kg Textil werden erreicht). Mittels optimierter Katalysatorsysteme kann die Kondensationstemperatur und somit der Energieverbrauch reduziert werden.

Anwendbarkeit

Die Produkte können wie die konventionellen Produkte eingesetzt werden. Art und Menge der Katalysatoren sowie Kondensationszeit und –temperatur müssen angepasst werden. Die Einsatzmenge ist bei formaldehydfreien Produkten etwa doppelt so hoch. Bei direkt beheizten Spannrahmen ist zu beachten, dass die Brenngase eine weitere Formaldehydquelle darstellen.

Cross-media Effekte

Alle oben genannten Vernetzer sind nur schwer biologisch abbaubar. Es gelangen jedoch in der Regel nur geringe Mengen über die Appreturrestflotten in das Abwasser. Nicht optimierte, formaldehydfreie Produkte können geruchsintensiv sein.

Referenzanlagen

Textilhilfsmittel für die formaldehydarme und -freie Pflegeleichtausrüstung werden von verschiedenen Firmen angeboten und weltweit eingesetzt.

Betriebsdaten

Typisches Rezept für die formaldehydarme Ausrüstung von Baumwolle (Webware):

- 40-60 g/l Vernetzer
- 12-20 g/l Katalysator
- Flottenaufnahme: 70 %
- Trocknung und Kondensation (150 °C, 3 min)

Typisches Rezept für eine formaldehydfreie Ausrüstung von Baumwolle:

- 80-120 g/l Vernetzer (integrierter Katalysator)
- Flottenaufnahme: 80%
- Ansäuern mit Essigsäure
- Trocknung und Kondensation (130 °C, 1 min).

Vernetzer werden oft in Kombination mit weiteren Textilhilfsmitteln (Netzmittel, Weichmacher sowie Produkte, die die Reißfestigkeit erhöhen etc.) appliziert.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Preise für formaldehydfreie Produkte sind signifikant höher im Vergleich zu formaldehydarmen Produkten.

Gründe für die Anwendung der Technik

Gesetzliche Regulierungen bzgl. Formaldehyd in der Abluft und die Einhaltung von Verbraucherschutz-Grenzwerten (Öko-Labels) sind die Hauptgründe formaldehydarme oder -freie Produkte einzusetzen.

Literatur

[BASF, 1999]

BASF AG, D-Ludwigshafen

Produktinformation (1999)

[Ciba 2000]

Ciba Spezialitätenchemie Pforzheim GmbH, D-Langweid

Persönliche Mitteilung (2000)

[Thor, 2000]

Thor GmbH, D-Speyer

Produktinformation (2000)

4.2.2 End-of-pipe-Technologien

4.2.2.1 Abluft

4.2.2.1.1 Abluftreinigungstechnologien

Beschreibung

Prinzipiell können in Textilveredlungsbetrieben die folgenden Abluftreinigungssysteme eingesetzt werden (als Einzellösung wie auch als Kombination von zwei oder mehreren Techniken):

- Oxidationsverfahren (thermische Nachverbrennung, katalytische Nachverbrennung)
- Kondensationsverfahren
- Absorptionsverfahren
- Elektrofilter
- Adsorptionsverfahren (selten im Einsatz)
- biologische Verfahren (nicht im Einsatz).

Für die Textilveredlung typisch sind Systeme wie:

- Wärmeaustauscher (Kondensationsverfahren; primär zur Energieeinsparung eingesetzt)
- wässrige Wäscher (Absorptionsverfahren)
- Kombination von wässrigem Wäscher und Elektrofilter
- Kombination von Wärmeaustauscher, wässrigem Wäscher und Elektrofilter.

Oxidationstechniken

Das Prinzip der Oxidationsverfahren besteht darin, dass brennbare Luftschadstoffe in der Abluft durch Verbrennen in unbedenkliche Stoffe umgewandelt werden können. Bei einer vollständigen Oxidation werden Kohlenwasserstoffverbindungen in Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgewandelt. Ist die Oxidation unvollständig, werden Kohlenmonoxid (CO), Formaldehyd (CH_2O) und andere teiloxidierte Substanzen gebildet.

Man unterscheidet zwei Verbrennungsverfahren:

- die thermische Nachverbrennung und
- die katalytische Verbrennung

Die thermische Nachverbrennung erfolgt bei Temperaturen zwischen 750 °C und 1000 °C. Das Rohgas gelangt über ein Gebläse zu einem Wärmeaustauscher; hier wird der Wärmeinhalt des gereinigten Abgases an das Rohgas abgegeben. Die so vorgewärmte Rohgasabluft (ca. 500 °C - 600 °C) wird in einem Brennraum weiter erhitzt, um die Zündtemperatur zu erreichen. In der Regel erfolgt eine vollständige Verbrennung der Abgasinhaltsstoffe (einschließlich geruchsintensiver Substanzen und niedrig siedender Lösemittel).

Es ist auch möglich, das Rohgas im Kesselhaus des Betriebes mitzuverbrennen. Dazu muss allerdings ein spezieller Brenner, der mit einem hohen Luftüberschuss und hohem Feuchtegehalt arbeiten kann, installiert werden.

Der Vorteil der katalytischen Nachverbrennung im Vergleich zur thermischen Nachverbrennung ist in der deutlich niedrigeren Aktivierungstemperatur (zwischen 300 °C und 450 °C) zu sehen. Dies ist durch den Einsatz geeigneter Katalysatoren bedingt, die einerseits die Zündtemperatur erniedrigen und andererseits die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Schadstoff und Luftsauerstoff beschleunigen.

Kondensationstechniken

Neben der Energierückgewinnung kann durch Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmeaustauscher eine partielle Kondensation der Schadstoffe erreicht werden. Das Rohgas wird im Wärmeaustauscher auf eine Temperatur, bei der die Schadstoffe Tropfen oder einen Film bilden, heruntergekühlt. Ein Teil der Schadstoffe kondensiert direkt am Kondensatablass oder in nachgeschalteten Abscheidern.

Absorptionstechniken

Das am häufigsten eingesetzte Absorptionsverfahren ist die Abluftwäsche. Das Rohgas wird in intensiven Kontakt mit der Waschflüssigkeit (in der Regel Wasser, das zum Teil Additive wie Säuren, Alkali oder Oxidationsmittel enthält) gebracht. Zerstäuber- oder Sprühwäscher, Wirbelwäscher und Zentrifugalwäscher kommen zum Einsatz.

Dabei ergibt sich

- eine Abkühlung des Abgases (Kondensation der schadstoffhaltigen Dämpfe)
- eine Absorption der Schadstoffe in der Wäscherflüssigkeit (zum Teil werden Emulsionen mit wasserlöslichen Substanzen gebildet)
- eine Auflösung löslicher Substanzen in den Wassertropfen

Kondensatprodukte und schadstoffbelastete Waschflüssigkeit werden in einem Tropfenabscheider abgeschieden. Das Abwasser kann mit Öl/Wasserabscheidern oder anderen Techniken aufbereitet werden. Die Wäscherflüssigkeit kann im Kreislauf geführt oder im Kreislauf gefahren werden..

Elektrofilter

Das Verfahren des Elektrofilters beruht darauf, dass ungleich elektrisch geladene Körper sich anziehen. In Elektrofiltern wird ein starkes Spannungsfeld zwischen den Sprühelektroden und den Niederschlagselektroden, die entgegengesetzte Polaritäten aufweisen, aufgebaut. Die Sprühelektrode hat einen kleinen Querschnitt wie z.B. ein Draht oder eine Nadelspitze, die Niederschlagselektrode hat eine große Fläche wie z.B. eine Platte. Die zu reinigende Abluft passiert das Spannungsfeld zwischen den Elektroden. Die im Rohgas enthaltenen festen und/oder flüssigen Teilchen werden in der Ionisierungszone unipolar elektrisch aufgeladen. Die aufgeladenen Teilchen werden dann von den gegenpoligen Niederschlagselektroden (Abscheidezone) angezogen und auf ihnen abgeschieden. Sie verlieren nach dem Kontakt mit den Niederschlagselektroden ihre Ladung und können dann leicht durch Waschen, Vibration oder Schwerkraft entfernt werden. Der elektrostatische Prozess besteht damit aus

- der Ionisierung der Luft
- der Aufladung der Schmutzpartikel
- dem Transport der Partikel zur Abscheidefläche
- der Neutralisation der Partikel
- der Abreinigung des Schmutzes von den Abscheideflächen

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Verminderung flüchtiger organischer Kohlenstoffverbindungen (VOC) und toxischer Substanzen aus der Abluft sowie die Reduzierung von Geruchsbelästigungen sind die Vorteile von Abluftreinigungssystemen

Anwendbarkeit

Oxidationstechniken

Der Nachteil der thermischen Nachverbrennung ist der hohe Energieverbrauch zum Aufheizen des Rohgases auf mindestens 750 °C. Die Temperatur des Reingases nach der Nachverbrennung liegt bei ca. 200 °C bis 450 °C. Für dieses Energiepotenzial gibt es jedoch im allgemeinen nicht genügend Wärmeverbraucher in den Unternehmen. Ein weiteres Problem ist das richtige Mischungsverhältnis aus Brennstoff und Abluft. Meist müssen große Abgasvolumenströme mit vergleichbar geringen Belastungen gereinigt werden. Oft treten wechselnde Abgasmengen auf, die zu einer ineffektiven thermischen Verbrennung führen. Im Falle der katalytischen Nachverbrennung ist zu beachten, dass Phosphorverbindungen, Halogene, Silikone und Schwermetallverbindungen als Katalysatorgifte reagieren.

Diese Verbindungen sind in der Textilveredlungsindustrie häufig vertreten, so dass die katalytische Nachverbrennung nur mit Vorsicht einsetzbar ist.

Kondensationstechniken

Leichtflüchtige Schadstoffe, die oft auch geruchsintensiv sind, können mit dieser Technik nicht aus dem Abgas entfernt werden.

Absorptionstechniken

Die Effizienz von Abluftwäschern hängt sehr stark von der Prozessführung ab. In der Regel liegt der Wirkungsgrad von Abluftwäschern in der Textilveredlung im Bereich von 40 – 60%. Die Anwendbarkeit für wasserunlösliche Stoffe ist begrenzt.

Elektrofilter

Elektrofilter können Staub oder Aerosole mit einer Größe von 0,01 bis 20 µm abscheiden. Der höchste Wirkungsgrad wird im Bereich von 0,1 µm – 1,5 µm erreicht. Hersteller empfehlen daher, vor dem Elektrofilter einen mechanischen Filter zu installieren, der Partikel > 20 µm weitgehend abscheidet. Der Filterwirkungsgrad für feste und flüssige Verunreinigungen liegt im Bereich zwischen 90% bis 95%. Gasförmige Substanzen und gleichzeitig geruchsrelevante Substanzen können nicht abgeschieden werden. Für einen hohen Gesamtwirkungsgrad ist es deshalb entscheidend, dass möglichst alle kondensierbaren Stoffe auch als Aerosol vorliegen, bevor sie in den Elektrofilter gelangen. Dies kann durch vorgeschaltete Wärmetauscher oder Abgaswäscher erzielt werden.

Abgasreinigungsanlagen können sowohl in Altanlagen wie auch in neuen Anlagen installiert werden. Beim Umbau von Altanlagen können wirtschaftliche, technische und logistische Faktoren den Einsatz von Abluftreinigungstechniken einschränken. Auf jeden Fall muss für den jeweiligen Textilveredlungsbetrieb eine maßgeschneiderte Lösung, die alle oben aufgeführten Technologien in die Betrachtung mit einbezieht, erarbeitet werden.

Cross-media Effekte

Der sowohl bei der thermischen als auch bei der katalytischen Nachverbrennung anfallende Energiebedarf und die damit verbundene Emission des Treibhausgases CO₂ sind zu berücksichtigen. In Abluftwäschern werden die Schadstoffe vom Abgas ins Abwasser umverteilt. Eine effiziente Abwasserbehandlung (Öl/Wasser-Abscheider, biologische Abwasserbehandlung) ist damit erforderlich.

Referenzanlagen

Abgasreinigungsanlagen unterschiedlicher Lieferanten sind in vielen deutschen Textilveredlungsbetrieben installiert. Systeme auf Basis von Wärmetauschern, Abluftwäschern und Elektrofilter dominieren.

Betriebsdaten

Um eine hohe Betriebssicherheit zu gewährleisten, ist die Einstellung der optimalen Verfahrensbedingungen und eine regelmäßige Wartung (in einigen Fällen sind wöchentliche Inspektions- und Reinigungsintervalle einzuhalten) der Anlagen notwendig.

Wirtschaftliche Aspekte

Neben den Installationskosten sind die laufenden Kosten (insbesondere die Kosten für die Anlagenwartung und Energiekosten) von Bedeutung. Im Vergleich mit den anderen oben erwähnten Techniken verursachen die Oxidationstechniken die höchsten Investitionskosten und laufenden Kosten.

Gründe für die Anwendung der Technik

Bei der Entscheidung für eine Abgasreinigungsanlage steht die Verbesserung der betrieblichen Umweltleistung, die Verringerung des Ausstoßes geruchsintensiver Stoffe, die für Nachbarschaftsbeschwerden Anlass geben und die Einhaltung nationaler und lokaler immissionsschutzrechtlicher Regelungen im Vordergrund.

Literatur

[--]

4.2.2.2 Abwasser

4.2.2.2.1 Behandlung von Textilabwasser in Belebtschlammanlagen mit niedriger Schlammbelastung (B_{TS})

Beschreibung

Textilabwasser ist eine Mischung von verschiedenen chemischen Verbindungen, die in erster Näherung in biologisch leicht abbaubare, schwer abbaubare und nicht abbaubare Verbindungen eingeteilt werden können. Die biologische Behandlung ist üblicherweise der wichtigste Schritt bei der Behandlung von Textilabwasser. In den meisten Fällen kommt dazu das Belebtschlammverfahren zum Einsatz. In allen herkömmlichen Belebtschlammssystemen werden die biologisch leicht abbaubaren Verbindungen mineralisiert, während die schwer abbaubaren bestimmte Bedingungen benötigen; dies sind niedrige Schlammbelastungen (B_{TS}) ($< 0,15 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$) Adaptation (die gegeben ist, sofern die betreffende Verbindung regelmäßig im Abwasser enthalten ist) sowie Temperaturen über 15°C (was normalerweise bei Textilabwasser der Fall ist). Vor diesem Hintergrund ist die Schlammbelastung (B_{TS}) der wichtigste Dimensionierungsparameter. Wenn sie unter dem genannten Wert liegt, können auch schwer abbaubare Textilchemikalien wie Nitrilotriacetat (NTA) [GDCh, 1984], m-Nitrobenzolsulfonat und das korrespondierende Amin [Kölbener, 1995] und Polyvinylalkohol (PVA) [Schönberger, 1997] abgebaut/mineralisiert werden. Heutzutage weisen viele Belebtschlammssysteme diese Systembedingungen auf (siehe die nachfolgenden Beispiele), die gleichzeitig eine vollständige Nitrifikation ermöglichen. In solche Anlagen können sowohl biologisch leicht als auch schwer abbaubare Verbindungen eingeleitet werden. Nicht abbaubare Verbindungen sollten vermieden oder an der Quelle behandelt/vorbehandelt werden, was aber nur in wenigen Fällen bereits praktiziert wird. Deshalb sind in vielen Anlagen zusätzliche Behandlungsschritte entwickelt und eingeführt worden wie Fällung/Flockung, Aktivkohleabsorption und Ozonierung. Die nachfolgend dargestellten Anlagen erfüllen die Anforderungen an die niedrige Schlammbelastung, Adaptation und Temperaturen über 15°C . Die meisten von ihnen weisen zusätzliche Behandlungsschritte zur Entfernung von Farbstoffen und anderen biologisch nicht abbaubaren Verbindungen auf.

Beispiel 1 einer Praxisanlage:

Der dargestellten Behandlungsanlage werden Kommunalabwasser und das Abwasser von vier großen Textilveredlungsbetrieben über zwei verschiedene Kanalsysteme zugeführt. Nach Mengenausgleich wird das Textilabwasser mit dem mechanisch vorbehandelten Kommunalabwasser vermischt. Der hydraulische Anteil des Textilabwassers beträgt ca. 45%. An der CSB-Zulauffracht hat es einen Anteil von 60%. Nach der mechanischen Vorbehandlung und dem Mengenausgleich erfolgt die biologische Behandlung nach dem Belebtschlammverfahren mit Nitrifikation und Denitrifikation sowie anschließender Fällung mit FeCl_3 . Die Anlage zeigt Abbildung 4.42.

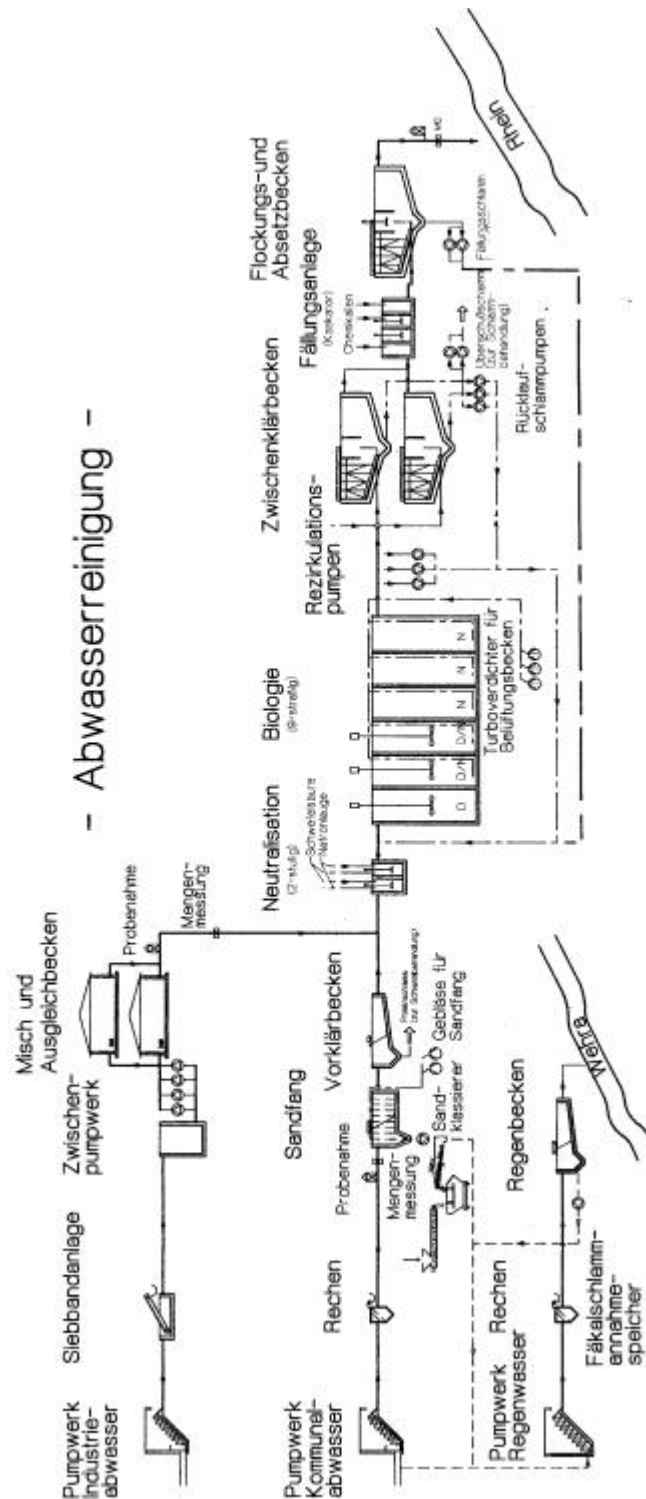


Abbildung 4.42: Beispiel 1 - gemeinsame Behandlung von Textilabwasser mit Kommunalabwasser

Abbildung 4.43 zeigt die täglich bestimmten CSB-Konzentrationen im Ablauf der Anlage. Auffällig sind die schwankenden Werte, die die wöchentlichen Schwankungen wiedergeben, die Regentage (weil das Regenwasser mit dem gleichen Kanalsystem abgeführt wird) und die sehr niedrigen Werte Ende August während der Ferienzeit der Textilveredlungsbetriebe.

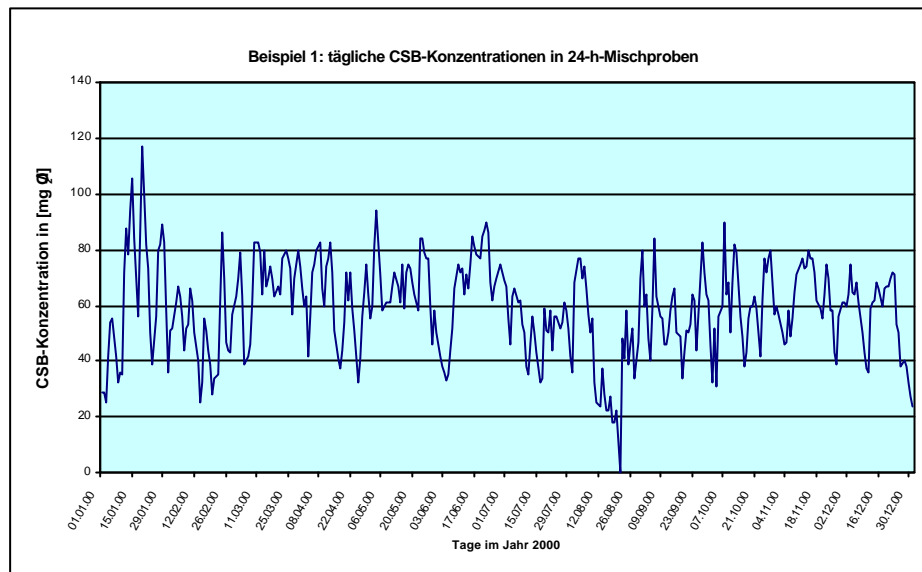


Abbildung 4.43: Beispiel 1: Tägliche CSB-Konzentrationen der Abwasserbehandlungsanlage 1 für das Jahr 2000 - bestimmt aus 24-h-Mischproben

Beispiel 2 einer Praxisanlage:

In dieser großen Anlage wird das Kommunalabwasser von zwei Städten und einigen Dörfern zusammen mit dem Abwasser von vier großen Textilveredlungsbetrieben behandelt. Der hydraulische Anteil der TVB beträgt ca. 40% und der Anteil an der CSB-Fracht ca. 65%. Das Kommunalabwasser und das Textilabwasser wird bereits im öffentlichen Kanalsystem vermischt. Abbildung 4.45 zeigt das Fließbild der Anlage. Die Vorklärbecken werden auch zum Mengenausgleich des Zulaufs benutzt. Nach der Belebtschlammstufe erfolgt keine zusätzliche Behandlung zur weiteren Reduzierung der organischen Verbindungen und der Farbigkeit. Die täglichen CSB-Frachten sind in Abbildung 4.44 dargestellt. Darin sind herausragende Spitzen sichtbar, die auf den hohen Zufluss bei Regenereignissen zurückzuführen sind. In diesen Fällen wird das Abwasser verdünnt, die Aufenthaltszeit und die Reinigungsleistung vermindert. Wie im ersten Beispiel ist während der Betriebsferien der TVB die abgeleitete CSB-Fracht deutlich niedriger.

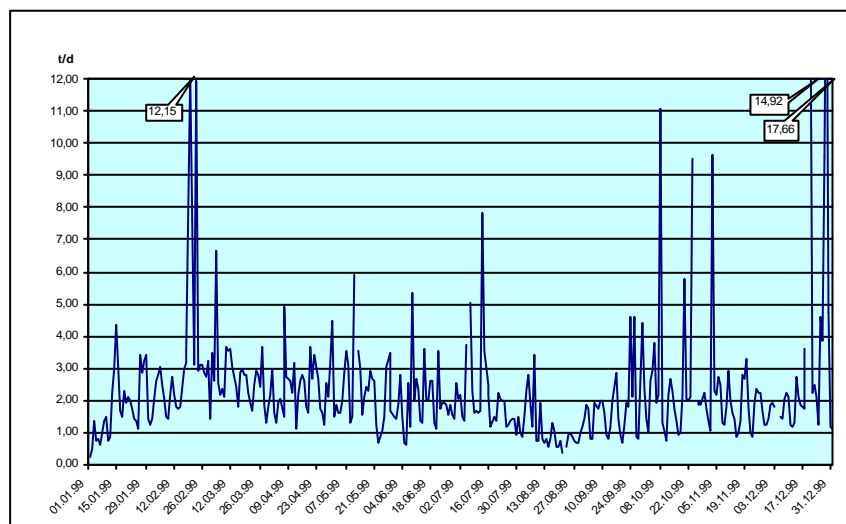


Abbildung 4.44: Beispiel 2 für die gemeinsame Behandlung von Textilabwasser und Kommunalabwasser - tägliche CSB-Fracht im Jahr 1999

Legende:

- 1: Pumpstation für das Rohabwasser
- 2: Rechenanlage
- 3: Belüfteter Sand- und Fettfang
- 4: Venturi-Abwassermengenmessung
- 5: Sedimentation und Mengenausgleich
- 6: Zwischenpumpwerk
- 7: Belebtschlammbecken
- 8: Nachklärbecken
- 9: Rücklaufschlamm-Pumpwerk
- 10: Primärschlamm-Pumpwerk
- 11: Pumpwerk für die Ableitung des behandelten Abwassers
- 12: Schlammeindicker
- 13: Faultürme
- 14: Gasbehälter
- 15: Betriebs- und Verwaltungsgebäude
- 16: Maschinenhaus
- 17: Gebläsehaus
- 18: Gebäude mit Gasmotoren
- 19: Gebäude für Schlammcontainer
- 20: Annahmebehälter für Fettabfälle
- 21: Notüberlauf

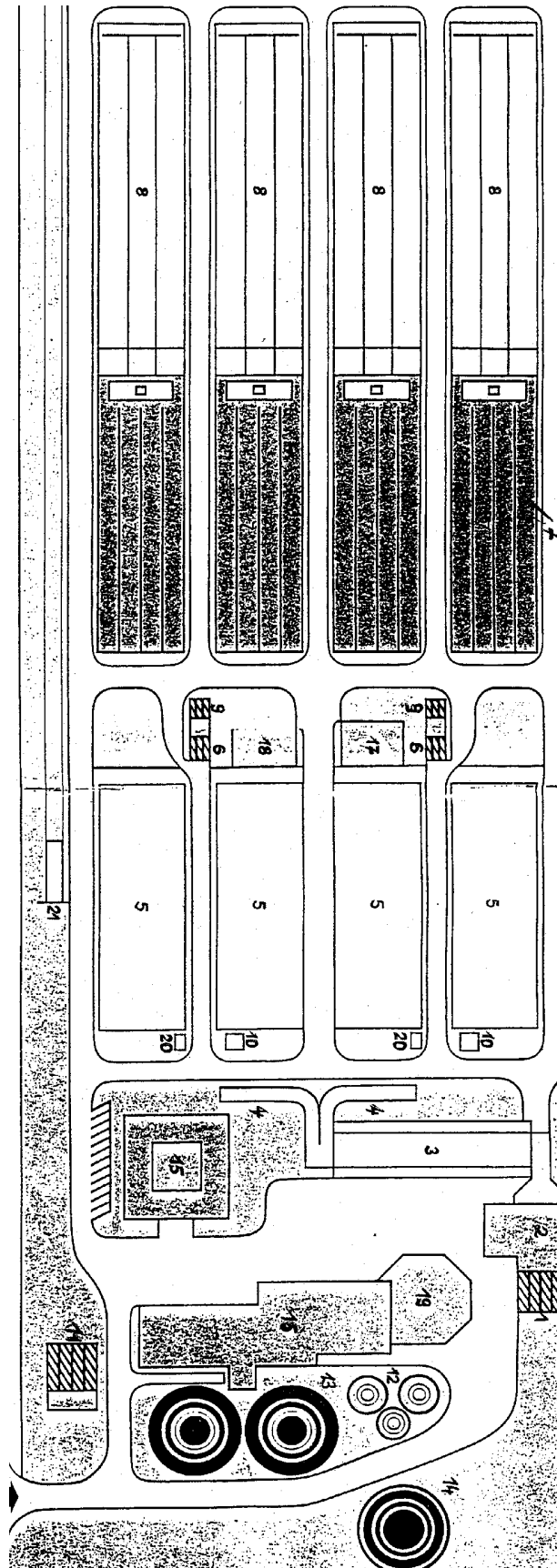


Abbildung 4.45: Beispiel 2 - Gemeinsame Behandlung von Textil- und Kommunalabwasser

Beispiel 3 einer Praxisanlage:

Hier handelt es sich um ein weiteres Beispiel für die gemeinsame Behandlung von Textil- und Kommunalabwasser. Das Fließbild der Anlage ist in Abbildung 4.46 dargestellt. Das Abwasser eines großen TVB wird nach Neutralisation und Mengenausgleich über eine separate Leitung der Anlage zugeführt. Dieses Textilabwasser wird speziell in einer hochbelasteten Belebtschlammstufe mit einer Schlammbelastung von $1,1 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$ vorbehandelt. Unter diesen Bedingungen wird der im Abwasser in hohen Konzentrationen vorhandene Polyvinylalkohol (PVA) nicht abgebaut, jedoch in der nachfolgenden zweiten Belebtschlammstufe mit einer Schlammbelastung von $0,05 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$. Unter diesen Bedingungen wird PVA zu mehr als 90% biologisch mineralisiert. In der nachfolgenden Ozonierung des Textilabwassers wird eine deutliche Entfärbung erreicht, aber wegen der niedrigen Ozondosierung (ca. 50 g/m^3) nur eine geringe CSB-Reduzierung ($< 10\%$). Allerdings wird durch die Ozonierung eine Erhöhung der biologischen Abbaubarkeit angenommen. Im Falle von Grenzwertüberschreitungen wird zusätzlich Aktivkohle zugegeben, was in den vergangenen drei Jahren nicht erforderlich war. Die abschließende Flockungsfiltration reduziert den CSB zu 10-20% und zu einem geringen Prozentsatz die Farbigkeit.

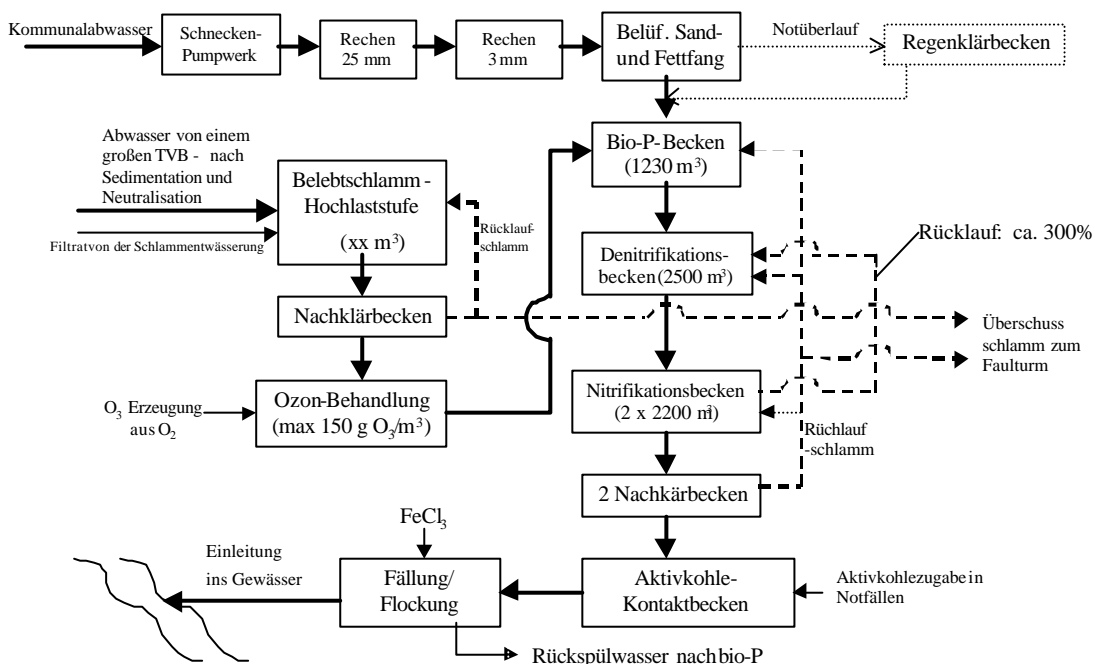


Abbildung 4.46: Beispiel 3: Anlage für die gemeinsame Behandlung von Textil- und Kommunalabwasser

Beispiel 4 einer Praxisanlage :

Diese große Anlage dient zur Behandlung des Abwassers von ca. 150 Textilbetrieben. Zudem wird der Anlage auch Kommunalabwasser zugeführt. Der hydraulische Anteil des Textilabwassers beträgt ca. 55%, des Kommunalabwassers ca. 23% und der restliche Prozentsatz entfällt auf Fremdwasser und Regenwasser. Das Fließbild der Anlage zeigt Abbildung 4.47. Nach der Belebtschlammstufe mit Nitrifikation/Denitrifikation wird das gemischte Abwasser zur weiteren CSB-Reduktion einer Fällung/Flockung unterzogen. Danach wird es ozoniert zur Entfernung der Restfarbigkeit und von re-fraktären Tensiden. Die Schlammbelastung der Belebtschlammstufe ist etwas höher als $0,15 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$, weshalb die Nitrifikation nicht vollständig ist und biologisch schwer abbaubare Verbindungen möglicherweise nicht in dem Maße abgebaut werden wie dies bei niedrigeren Schlammbelastungen der Fall sein kann.

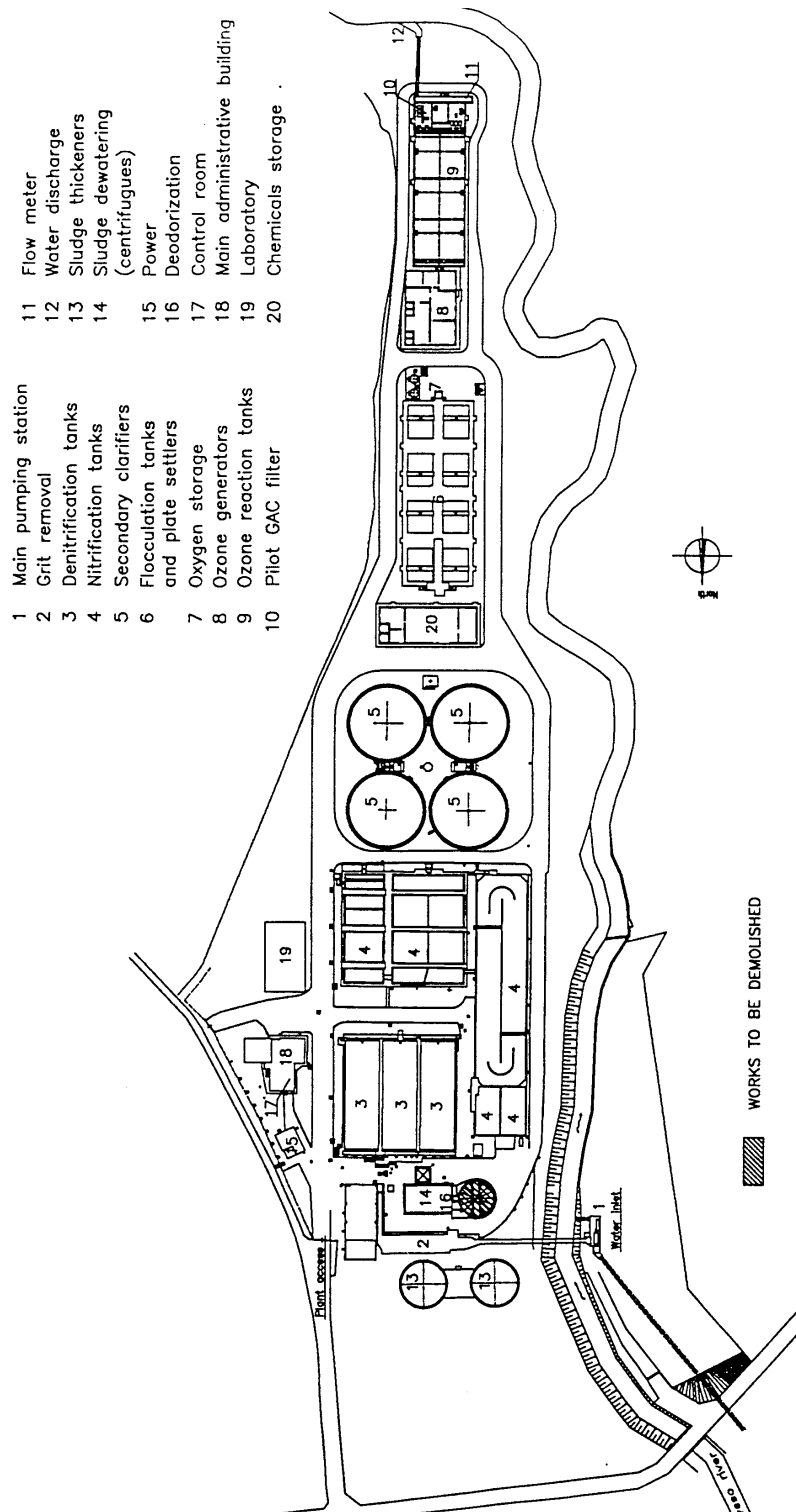


Abbildung 4.47: Beispiel 4: Anlage für die gemeinsame Behandlung von Textil- und Kommunalabwasser

1 = Pumpwerk; 2 = Sandfang; 3 = Denitrifikationsbecken; 4 = Nitrifikationsbecken; 5 = Nachklärbecken; 6 = Fällungs-/Flockungsbecken mit Schrägklärer; 7 = Sauerstofftanks; 8 = Ozonerzeuger; 9 = Ozon-Reaktoren; 10 = Aktivkohleadsorption-Pilotanlage; 11 = Mengenmessung; 12 = Einleitungsstelle; 13 = Schlammverdicker; 14 = Schlammabwässerung (Zentrifugen); 15 = Energiestation; 16 = Abluftbehandlung; 17 = Zentrale Warte; 18 = Verwaltungsgebäude; 19 = Labor; 20 = Chemikalienlager

Beispiel 5 einer Praxisanlage:

In Anlage 5 wird das Abwasser eines Textilveredlungsbetriebes behandelt. Der Betrieb veredelt hauptsächlich Baumwoll-Webware, die vorbehandelt (entschlachtet, alkalisch abgekocht und gebleicht), gefärbt (KKV-Verfahren und Ausziehverfahren), bedruckt (hauptsächlich mit Pigmentdruckpasten) und ausgerüstet wird. Ca. 5% des behandelten Abwassers werden für Wasch- und Reinigungsvorgänge (Bodenspritzwasser, Reinigung des Druckgeschirrs wie Pumpen, Schläuche, Rakelrohr und Rundschablonen) verwendet. Die Aufenthaltszeit in der Belebtschlammstufe ist sehr hoch und die Schlammbelastung deutlich kleiner als $0,15 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$. Die nachfolgende Entfärbung erfolgt durch reduktive Spaltung der Azogruppen der Farbstoffe durch ein Eisen(II)-Salz. Abbildung 4.48 zeigt das Fließbild der Anlage.

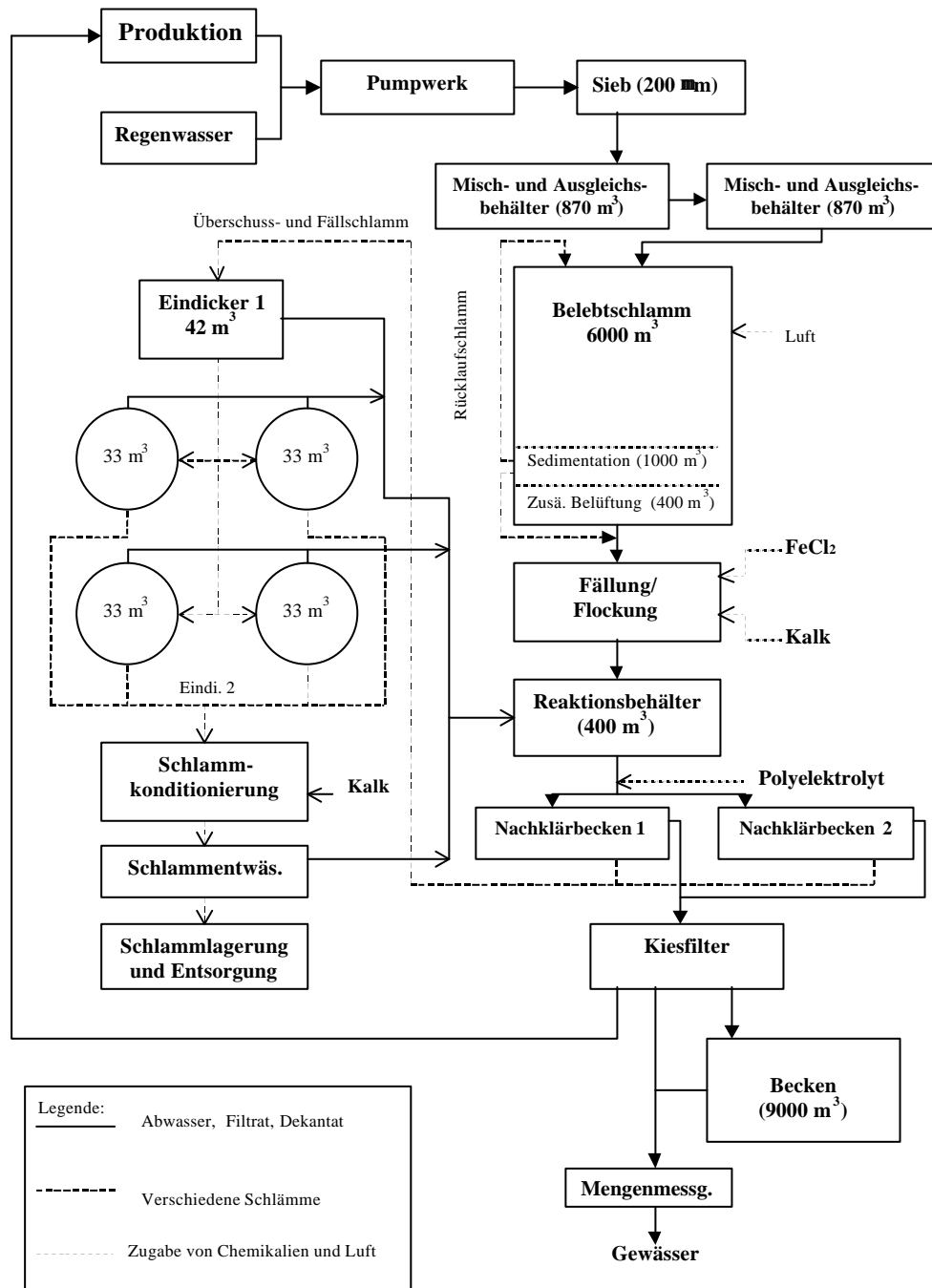


Abbildung 4.48: Beispiel 5: Anlage für die Behandlung des Abwassers eines Textilveredlungsbetriebes mit Recycling von behandeltem Abwasser in Höhe von 5%

Beispiel 6 einer Praxisanlage:

In der in Abbildung 4.49 dargestellten Anlage wird das Abwasser von ca. 30 Textilveredlungsbetrieben zusammen mit Kommunalabwasser behandelt. Der hydraulische Anteil des Textilabwassers beträgt ca. 30% und der Anteil an der CSB-Fracht ca. 40%. Die TVB leiten ihre Abwässer nach Neutralisation in die öffentliche Kanalisation ein. Einige TVB haben Abwasservorbehandlungsanlagen, insbesondere Druckereien, die das Abwasser aus der Druckgeschirrwäsche mittels Fällung/Flockung behandeln. Bezüglich der Anlagenteile Rechen, belüfteter Sand- und Fettfang, Vorklärbecken, vorgeschalteter Denitrifikation sowie Nitrifikation ist die Anlage herkömmlich, aber eine Ausnahme bezüglich der zusätzlichen Behandlung mit Aktivkohlepulver zur weitgehenden Reduzierung des CSB und der Farbigkeit (siehe Abbildung 4.49). Die Dosierung von Aktivkohlepulver beträgt ca. 30 g/m^3 . Zusätzlich werden 3 g/m^3 Aluminiumsulfat und Polyelektrolyt zur vollständigen Entfernung von Resten suspendierter Kohlepartikel zugesetzt. Das aktivkohlehaltige Rückspülwasser wird der Belebtschlammstufe zugeführt, was eine deutlich stabilisierende Wirkung bewirkt. Der Ablauf-CSB ist sehr niedrig (unter $20 \text{ mg O}_2/\text{l}$, der Jahresmittelwert beträgt $11 \text{ mg O}_2/\text{l}$). Das abgeleitete Abwasser ist farblos.

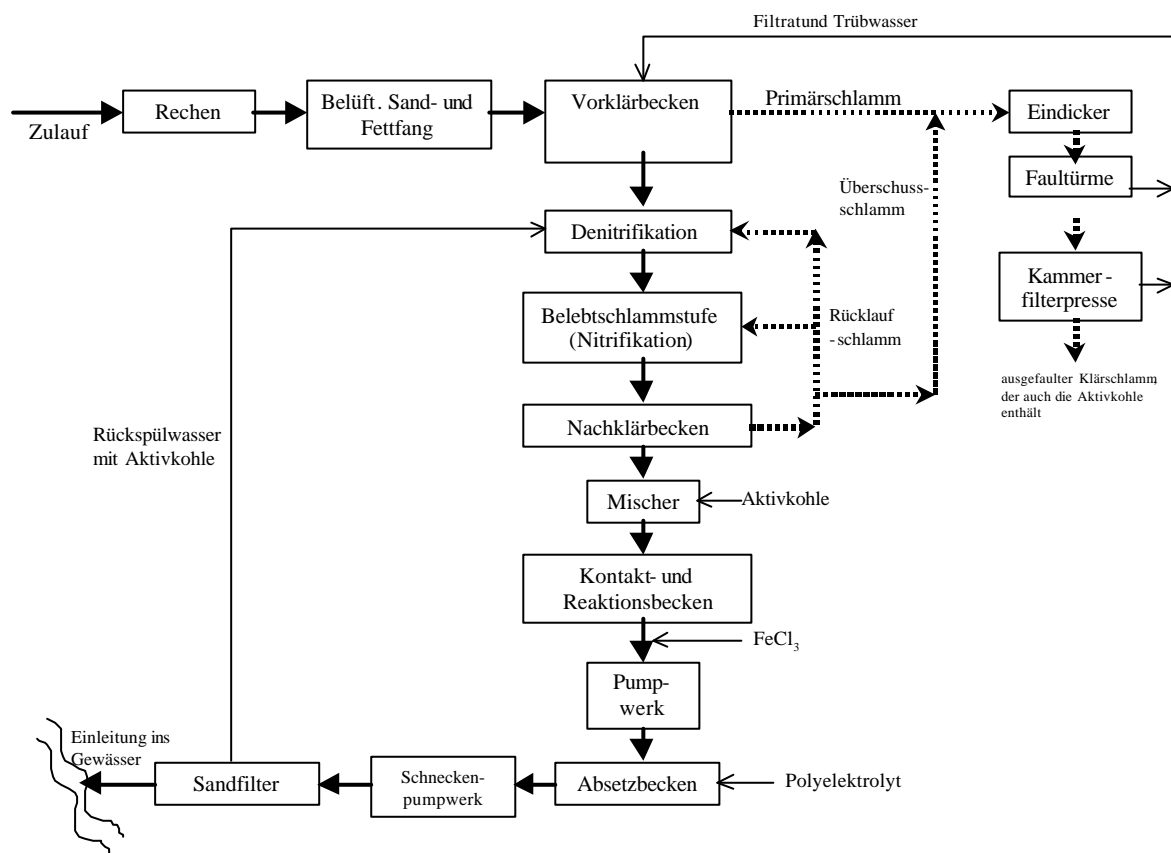


Abbildung 4.49: Beispiel 6: Anlage für die gemeinsame Behandlung von Textil- und Kommunalabwasser

Erreichte Emissionswerte:

In Tabelle 4.27 sind die Zulauf- und Ablaufwerte der sechs beschriebenen Abwasserbehandlungsanlagen zusammen mit den Schlammbelastungen zusammengestellt. Schlammbelastungen unter $0,15 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$ ermöglichen praktisch vollständige Nitrifikation (Rest-Ammoniumkonzentrationen unter $0,5 \text{ mg/l}$). In einigen Fällen der gemeinsamen Behandlung wird das Textil- und das Kommunalabwasser über unterschiedliche Kanäle der Anlage zugeführt. Für diese Anlagen sind die Zulaufwerte getrennt angegeben. In den Fällen, in denen das Textil- und Kommunalabwasser bereits in der Kanalisation vermischt werden, werden die Zulaufwerte unter "Zulauf (Textilabwasser)" angegeben. Anlage 4 weist eine Schlammbelastung von $0,2 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \times \text{d}$ auf, was zu höheren Ammoniumkonzentrationen und zu niedrigeren BSB_5 -Abbauraten führt.

Parameter	Einheit	Anlage 1 Jahres- Mittelwerte für 2000	Anlage 2 Jahres- Mittelwerte für 1999	Anlage 3 Jahres- Mittelwerte für 2000	Anlage 4 Jahres- Mittelwerte für 1998	Anlage 5 Jahres- Mittelwerte für 2000	Anlage 6 Jahres- Mittelwerte für 2000
Gesamt-Abw.menge	[m ³ /d]	8377+-1431	47770+-24500	6690	25000	2070	38750+-16790
Menge Kommunalabw.	[m ³ /d]	4562+-2018		4865			
Menge Textilabwasser	[m ³ /d]	3685+-1431		1825			
Schlammbelastung	kg BSB ₅ /kg TS x d	0,1	0,1	1,1 and 0,05	0,2	0,1	0,1
Zulauf (Kommunalabw.)							
pH-Wert		8+-0,4		8,1			
CSB [mg O ₂ /l]		443+-200		336			278+-86
BSB ₅ [mg O ₂ /l]		114+-50		144			138+-49
NH ₄ -N [mg N/l]		30+-14		31			12,5+-4,8
Norg [mg N/l]		18+-7		15,9			n.a.
P _{ges} [mg P/l]		6+-2		6,2			3,7+-1,2
Zulauf (Textilabwasser)							
pH-Wert		9,2+-0,8	8,4+-0,4	8,7	n.a.	9-9,5	
CSB [mg O ₂ /l]		791+-281	349+-129	967	950	1200-1500	
BSB ₅ [mg O ₂ /l]		157+-57	145+-49	336	400	400-500	
NH ₄ -N [mg N/l]		2,6+-2,0	26+-8	5,6	n.a.	11-25	
Norg [mg N/l]		19,5+-7,0	6+-3	9,5	50	30-40	
P _{ges} [mg P/l]		3,8+-1,2	5+-2	2,2	n.a.	10-25	
PVA [mg/l]		28-138	n.a.	53	n.a.	n.a.	
Ablauf							
pH-Wert		7,2+-0,2	8,2+-0,3	7,4	n.a.	7,8-8,6	6,8-7,5
CSB [mg O ₂ /l]		59+-16	46+-23	54	60-110	90-110	11+-1,3
BSB ₅ [mg O ₂ /l]		3+-2	4,4+-3,8	3	10-40	<5	3+-0,7
NH ₄ -N [mg N/l]		0,1+-0,2	0,2+-0,9	0,12	5-15	0,3-1,6	0,4+-0,3
NO ₃ -N [mg N/l]		2,9+-1,9	3,6+-1,1	5,4	1-10	<2	6,8+-1,0
Norg [mg N/l]		1,7+-0,5	n.a.	n.a.	8-15	5-10	n.a.
P _{ges} [mg P/l]		0,2+-0,2	0,9+-0,7	0,6	n.a.	1-2,5	0,15+-0,015
AOX [mg Cl/l]		0,06 - 0,08	0,06 - 0,1	n.a.	n.a.	<0,04-0,15	n.a.
PVA [mg/l]		0,6 - 7,8	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.
DFZ (435 nm) [1/m]		8,3+-3	n.a.	2,4	0,02	5-7	0,42+-0,08
DFZ (525 nm) [1/m]		6,8+-2,9	n.a.	0,9	n.a.	1,5-5	0,31+-0,08
DFZ (620 nm) [1/m]		2,9+-1,4	n.a.	0,9	n.a.	1-3,5	0,18+-0,05
Eliminationsraten							
CSB [%]		90+-4	84,4	89	91	92,5	96
BSB ₅ [%]		97+-2	96,2	98	93,5	99	98
Stickstoff [%]		88+-6	88	78	77	82	47
Phosphor [%]		96+-3	79	88	n.a.	90	96

Tabelle 4.27: Zusammenstellung der Parameter für den Zulauf und Ablauf der sechs Anlagen zur gemeinsamen und getrennten Behandlung von Textilabwasser

Anwendbarkeit

Belebtschlammanlagen mit niedriger Schlammbelastung und zusätzlichen Stufen zur Entfernung von biologisch nicht abbaubaren Verbindungen sind sowohl für neue als auch bestehende Fälle sowie für alle Arten von Textilabwasser anwendbar. Sie sind auch einsetzbar bei kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen mit niedrigem oder hohem Textilabwasseranteil sowie bei reinen Industrieanlagen, in denen das Abwasser von einem oder mehreren TVB behandelt wird.

Cross-media Effekte

Die Behandlung von Abwasser bei niedrigen Schlammbelastungen erfordert eine höhere Aufenthaltszeit und mehr Energie für die Belüftung; allerdings rechtfertigen die niedrigen Restkonzentrationen an CSB und Ammonium den zusätzlichen Energieaufwand.

Wirtschaftliche Aspekte

Niedrigere Schlammbelastungen erfordern größere Belüftungsbecken, was höhere Investitionskosten erfordert. In erster Näherung ist die Größe der Belebtschlammanlage der Schlammbelastung direkt proportional. Genaue Daten zu den Investitionskosten sind nicht verfügbar. Die zusätzlichen Kosten für die stärkere Belüftung betragen ca. 0,30 EURO/m³.

Literatur

[GDCh, 1984]

Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.),
NTA-Studie über die aquatische Umweltverträglichkeit von Nitrilotriacetat (NTA),
Verlag H. Richarz, St. Augustin (1984)

[Kölbener, 1995]

Kölbener, P.J.

Biodegradation of aromatic sulfonates - especially linear alkylbenzenesulfonates (LAS)- in a laboratory trickling filter

Dissertation ETH Zürich, No. 11'145 (1995)

[Schönberger, 1997]

Schönberger, H.; Baumann, U.; Keller, W.

Study of Microbial Degradation of Polyvinyl Alcohol (PVA) in Wastewater Treatment Plants

American Dyestuff Reporter 86 (1997) 9-17

4.2.2.2.2 Behandlung von Mischabwasser mit Abwasserrecycling (Recyclingrate: ca. 60 %)

Beschreibung

Es wird das Mischabwasser eines TVB ohne Trennung von Teilströmen in einem mehrstufigen Verfahren behandelt. Das Fließbild ist in Abbildung 4.50 dargestellt. Allerdings werden vor der Behandlung die heißen Teilströme ($> 40^{\circ}\text{C}$) einem Wärmetauscher zur Erwärmung von Frischabwasser zugeführt. Nach dieser Wärmerückgewinnung wird das gemischte Abwasser mengenmäßig ausgeglichen (ca. 20-h-Mengenausgleich) und neutralisiert. Danach werden in einem speziellen Belebtschlammssystem (Rührschlaufenreaktor und Schrägklärer) die biologisch abbaubaren Stoffe vollständig entfernt. Der biologische Abbau wird verbessert und stabilisiert durch die Zugabe von Braunkohlekoks, der sowohl für die organischen Stoffe als auch für den Sauerstoff als temporäres Adsorbens wirkt (Pufferfunktion); zusätzlich werden sessile Mikroorganismen durch Aufwuchs auf dem Braunkohlekoks im System angereichert. Der Gehalt an Biomasse in den Bioreaktoren beträgt ca. 35 g TS/l. Der BSB₅ wird vollständig entfernt ($< 5 \text{ mg O}_2/\text{l}$). In der nachfolgenden Adsorptionsstufe wird Braunkohlekoks (mit einer spezifischen Oberfläche von $300 \text{ m}^2/\text{g}$) in einer Menge von $0,8\text{--}1 \text{ kg/m}^3$ zur Entfernung von Farbstoffen und biologisch schwer bis nicht abbaubaren Verbindungen zugegeben. Der Trockensubstanzgehalt in den Reaktoren beträgt ca. 40 g/l. Nach der Sedimentation wird der Braunkohlekoks sowohl zu den Adsorbentien als auch zu den Bioreaktoren zurückgeführt. Allerdings ist die Abtrennung der kleinen Kokspartikel unvollständig, was eine Entfernung mittels Fällung/Flockung mit flotativer Schlammabtrennung erforderlich macht. Als Flockungsmittel (Dosierung ca. 180 g/m^3) werden Aluminiumsulfat und ein anionisches Polyelektrolyt eingesetzt. Zusätzlich wird bei Überschreitung eines bestimmten Farbigkeitswertes ein organisches kationisches Flockungsmittel (das mit den Sulfogruppen der Farbstoffe wasserunlösliche Ionenpaare bildet) zudosiert. Danach wird der Rest an suspendierten Feststoffen in einem Kiesfilter entfernt. Nach dieser Filtration wird ein Drittel des Abwassers in einen Fluss eingeleitet und die restlichen zwei Drittel in einem Aktivkohlefilter behandelt, um den Restgehalt an organischen Stoffen weiter zu senken. Schließlich wird das Abwasser in einer Umkehrosmoseanlage (10 Einheiten, die je 4 Spiralmodule enthalten) entsalzt. Das Permeat wird mit Frischwasser vermischt und steht für die Textilveredlungsprozesse universell zur Verfügung. Das Konzentrat wird zur Herstellung der Salzlösung für das Reaktivfärben verwendet. Das so behandelte Abwasser wird in einem Tank zwischengespeichert und mit Ozon (ca. 2 g/m^3) zur Vermeidung von biologischem Befall konditioniert.

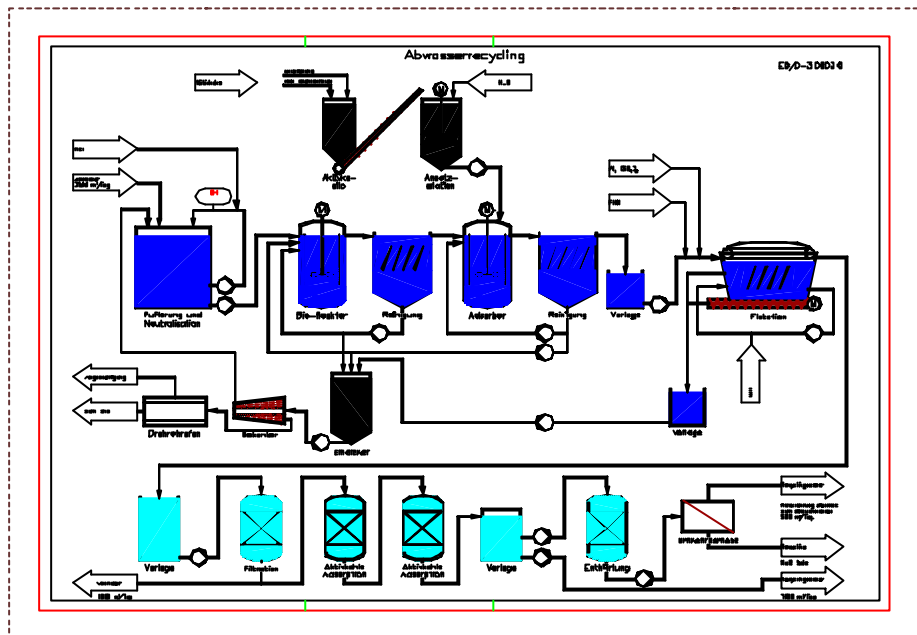


Abbildung 4.50: Anlage zur Behandlung und Recycling (ca. 60%) des Mischabwassers eines Textilveredlungsbetriebes, der Baumwoll-Maschenware im Ausziehverfahren veredelt und nahezu ausschließlich Reaktivfarbstoffe einsetzt

Der Überschussschlamm aus der Belebtschlammstufe wird zusammen mit dem Flotat in einem Eindicker und einem Dekanter entwässert und einem Drehrohrföhrer zur thermischen Regeneration zugeführt (Abbildung 4.51). Die Abgastemperatur nach dem Drehrohr beträgt ca. 450°C, nach der Nachverbrennung ca. 850°C und nach dem Wärmetauscher ca. 120°C.

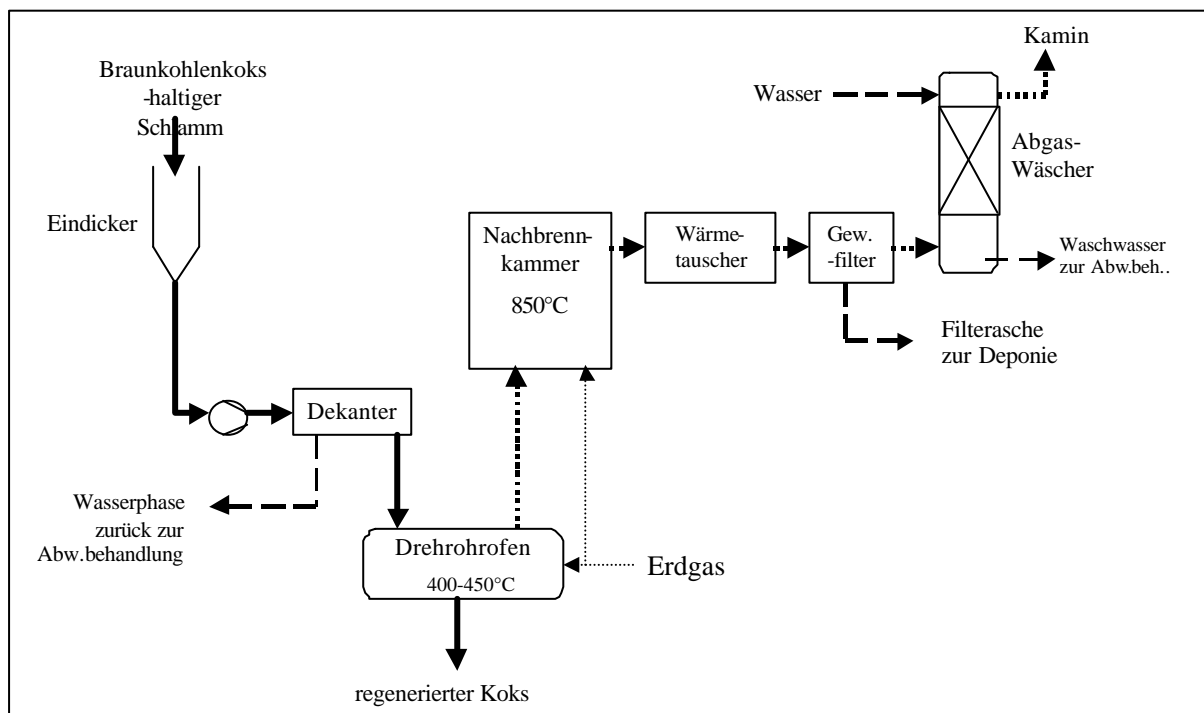


Abbildung 4.51: Thermische Regeneration des Braunkohlenkokes im Überschussschlamm und Flotat aus der Abwasserbehandlung einschließlich Nachverbrennung der Abgase, Wärmerückgewinnung und Abgasreinigung

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die beschriebene Behandlung ermöglicht eine 60%ige Rückführung des Abwassers und somit eine entsprechende Reduzierung der abgeleiteten Menge. Zusätzlich werden ca. 50% des Neutralsalzes zurückgewonnen und zum Auszieh färben wieder eingesetzt. Der nichtrecycelte Abwasseranteil wird mit sehr niedrigen Gehalten an organischen Verbindungen in ein Gewässer eingeleitet.

Anwendbarkeit

Die beschriebene Technik ist für alle Textilabwasserarten anwendbar. Sie wurde im Pilotmaßstab (1 m³/h) für Abwasser von Garnveredlern, Gewebeveredlern und Maschenveredlern sowie für Textildruckereien untersucht (ITV, 1982-1992).

Cross-media Effekte

Die Behandlung benötigt beträchtliche Energiemengen in Höhe von 1,5 kWh/m³ (vor allem für den Betrieb der Umkehrosmoseanlage).

Referenzanlagen

Es besteht eine Anlage zur Behandlung und Recycling von Textilabwasser bei der Fa. Schiesser, D-09243 Niederfrohna (in Betrieb seit 1995) für eine Abwassermenge von 2500 m³/d. Diese Firma veredelt Baumwoll-Maschenware, die sie nahezu ausschließlich mit Reaktivfarbstoffen färbt. Der gegenwärtige Abwasseranfall beträgt 1300 m³/d. Da die Anlage bezüglich der Belebtschlammstufe und der Adsorption aus zwei Straßen besteht, ist nur eine Straße in Betrieb, während die zweite als Reserve gehalten wird.

Eine zweite Anlage ist seit 1999 bei Palla Creativ Textiltechnik GmbH, D-09356 St. Egidien in Betrieb. Sie ist für eine Abwassermenge von 3000 m³/d bei einer Recyclingrate von 60% bemessen. Dieser Betrieb veredelt hauptsächlich Wollgewebe.

Betriebsdaten

Die Betriebsdaten für die Anlage bei Schiesser sind in Tabelle 4.28 zusammengestellt. Die sehr niedrigen Werte für den CSB, BSB₅, TOC, Tenside, Farbigkeit und Schwermetalle machen deutlich, dass bezüglich des Recyclings qualitativ keine Beschränkungen bestehen. Allerdings müssen das Salz und die Härtebildner (die in das Abwasser über die Extraktion von Calcium aus der Baumwolle gelangen) durch zusätzliche Behandlungsschritte (Ionenaustausch und Umkehrosmose) entfernt werden.

Parameter	Einheit	Abwasser-Zulauf	Ablauf nach Filtration, vor Adsorption	Ablauf nach Umkehrosmose
pH-Wert		7,3	7,2	7,0
Leitfähigkeit	[mS/cm]	5,9	6,2	0,8
Temperatur	[°C]	26,2	22,9	
CSB	[mg O ₂ /l]	515	20	10
BSB ₅	[mg O ₂ /l]	140	< 0,1	< 0,1
TOC	[mg C/l]	135	4,8	3
AOX	[mg Cl/l]	0,56	0,2	
Anionische Tenside	[mg/l]		0,02	
Kationische Tenside	[mg/l]		0,02	
Härte	[°dH]	2,5	13,6	
Ammonium	[mg N/l]	0,3	< 0,01	
Nitrat	[mg N/l]	2,5	0,9	
Gesamt-Eisen	[mg/l]		< 0,01	
Gesamt-Aluminium	[mg/l]		< 0,01	
Chlorid	[mg/l]	1750	1710	
Sulfat	[mg/l]	163	188	
o-Phosphat	[mg/l]	0,7	< 0,01	
DFZ bei 436 nm	[1/m]	13	0,04	0
DFZ bei 525 nm	[1/m]	16,2	0,04	0
DFZ bei 620 nm	[1/m]	24,5	0,04	0

Tabelle 4.28: Typische Zulauf- und Ablaufwerte (Mittelwerte) für die Anlage zur Behandlung des Abwassers der Fa. Schiesser, D-Niederfrohna

Bei der Regeneration des Braunkohlekokes und des Schlammes werden folgende Emissionswerte erreicht (Tabelle 4.29):

Parameter	Einheit	Erreichter Wert	Emissions-Grenzwert
		Bezogen auf 11 Vol% O₂	
Staub	[mg/Nm ³]	9,2	10
Kohlenmonoxid	[mg/Nm ³]	9,3	50
Gesamter organischer Kohlenstoff	[mg/Nm ³]	< 3,0	10
HCl	[mg/Nm ³]	< 1,0	10
SO ₂	[mg/Nm ³]	< 1,4	50
Stickoxide (als NO ₂)	[mg/Nm ³]	190	200
PCDD/PCDF	[ng I-TEQ/Nm ³]	0,004	0,1

Tabelle 4.29: Gemessene, repräsentative Emissionswerte für das Abgas aus der thermischen Regeneration - [UBA, 1996]

Die Zusammensetzung von frischem und regeneriertem Braunkohlekoks ist in Tabelle 4.30 zusammengestellt. Der Kohlenstoffgehalt des regenerierten Kokes ist etwas höher, aber der Aschegehalt ca. 30% niedriger. Das Recycling ist ohne Beschränkungen möglich. Auch die Korngrößenverteilung des regenerierten Kokes ist die dem frischen sehr ähnlich.

Parameter	Frischer Braunkohlekoks [Gewichts-%]	Bei 450°C regenerierter Braunkohlekoks [Gewichts-%]
C	88,5	90,5
H	0,4	0,3
N	0,4	0,28
Si _{ges}	0,5	0,59
Asche	9,0	6,63

Tabelle 4.30: Elementaranalyse von frischer und regeneriertem Braunkohlekoks - [UBA, 1996]

Die aus dem Abgas nach der Wärmerückgewinnung (siehe Abbildung 4.51) entfernte Asche muss auf einer Sonderabfalldeponie entsorgt werden. Der spezifische Anfall beträgt 5 g/m³ behandeltes Abwasser.

Es ist anzumerken, dass Schiesser in der Anlage große Korrosionsprobleme zu bewältigen hatte. Obwohl der Bioreaktor aus Edelstahl gefertigt wurde, traten diese Probleme auf. Es wird vermutet, dass der feine Braunkohlekoks auf dem Edelstahl eine Schicht bildet und die hohen Chloridkonzentrationen zur festgestellten Korrosion führen. Mittlerweile sind die Reaktoren zur Verhinderung weiterer Korrosion mit Polyurethan beschichtet worden. In den Leitungen ist auch Korrosion festgestellt worden, besonders an den Schweißnähten. Mittlerweile sind die meisten Edelstahlleitungen durch Kunststoffleitungen ersetzt worden. Auf diese Weise konnten die Korrosionsprobleme gelöst werden.

Seit dem Sommer 1998 ist die Umkehrosmoseanlage zum einen wegen der hohen Betriebskosten nicht mehr in Betrieb, zum anderen, weil der Betrieb wegen des geringen Abwasseranfalls eine 60%ige Recyclingrate nicht benötigt. Deshalb ist eine Recyclingrate von 25% ausreichend.

Daten zur Anlage bei der Palla Creativ Textiltechnik GmbH liegen nicht vor.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten sind für eine solche Anlage sehr hoch. Für die Anlage bei Schiesser betrugen sie 10,1 Millionen EURO, davon 2,0 Millionen EURO für Gebäude, 7,4 Millionen EURO für die maschinentechnische Ausrüstung und 0,7 Millionen EURO für Planung, wissenschaftliche Untersuchungen etc.. Die Anlage wurde seitens des Bundes und des entsprechenden Bundeslandes hoch bezuschusst (ca. 80%). Lässt man die Zuschüsse außer Acht, was die Berücksichtigung des Kapitaldienstes bedeutet, ergeben sich jährliche Kosten und spezifische Kosten, die in Tabelle 4.31 zusammengestellt sind.

Kostenfaktoren	Kosten pro Jahr [EURO/a]	Abwassermengen- spezifische Kosten [EURO/m ³]
Kapitalkosten (10-Jahresabschreibung bei einem Zinssatz von 6,88%)	876.260	1,46
Personalkosten	78.000	0,13
Instandhaltung	63.000	0,105
Betriebskosten		
• Braunkohlenkoks	60.000	0,1
• Essigsäure	9.000	0,015
• Polyelektrolyt	6.000	0,01
• Aluminiumsulfat	30.000	0,05
• Kationisches Flockungsmittel	15.000	0,025
• Netzmittel	15.000	0,025
• Membran-Reinigungsmittel (sauer)	3.000	0,005
• Membran-Reinigungsmittel (alkalisch)	3.000	0,005
• Stromverbrauch (1,51 kWh/m ³)	63.000	0,105
• Erdgas für die thermische Regeneration	57.000	0,095
• Entsorgung der Asche aus der Abgasreinigung	1.150	0,0019
Abwasserabgabe	18.000	0,03
Summe	1297.410	2,16
Wärmerückgewinnung	538.200	0,9
Gesamtkosten	759.210	1,27

Tabelle 4.31: Kapital- und Betriebskosten der Abwasserbehandlungsanlage bei Schiesser - [UBA, 1996]; die abwassermengenspezifischen Kosten wurden mit der Abwassermenge berechnet, die der Auslegung der Anlage (2500 m³/d und 600.000 m³/a) zugrunde lag; allerdings liegt die aktuelle Menge nur um 1300 m³/d, was nahezu doppelt so hohe spezifische Kosten bedeutet

Die gesamten spezifischen Kosten sind mit den Kosten für die Einleitung des Abwassers in eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage zu vergleichen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Firma nur 1000 m³/d Grundwasser entnehmen darf, und so die Differenz zum tatsächlichen Verbrauch über die öffentliche Wasserversorgung zu bewerkstelligen hätte. Dafür müsste der Betrieb 2,90 EURO/m³ bezahlen. Auf diese Weise können 1,63 EURO/m³ bzw. nahezu 1 Million EURO pro Jahr eingespart werden.

Angaben zur Anlage bei Palla Creativ Textiltechnik GmbH sind nicht verfügbar.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Möglichkeiten zur Grundwasserentnahme sind begrenzt. Dies war ein wichtiger Grund für die Einführung des Wasserrecyclings. Die sehr hohen Investitionskosten konnten wegen der großzügig gewährten Zuschüsse Akzeptanz finden.

Literatur

[UBA, 1996]

Janitza, J.; Koscielski, S.

Abwasserreinigung und -recycling einschließlich Wärmerückgewinnung in einem textilherstellenden Betrieb

Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben-Nr. Z. II.1.1 - 20 441-14/6 (1996)

[Braun, 1997]

Braun, G.; Felgener, G.W.

Betriebserfahrungen einer Großanlage zur Abwasserreinigung und -recycling aus einer Maschenveredlung und neue Entwicklungen für eine Tuchfabrik

Technische Universität Berlin, Schriftenreihe Biologische Abwasserreinigung 9

Behandlung von Abwässern der Textilveredlung, Kolloquium an der TU Berlin, 17.-18. 11.1997 (1997)
79-100

4.2.2.2.3 Behandlung von ausgewählten und abgetrennten Abwasserteilströmen mittels Membrantechnik mit Recycling

Beschreibung

Diese Technik wird anhand einer Anlage bei der Firma van Clewe GmbH, D-Dingden beschrieben (siehe Abbildung 4.52). Die wichtigsten Veredlungsprozesse bei dieser Firma sind: Vorbehandlung (Kalt-Klotzbleiche mit Wasserstoffperoxid einschließlich Spülen und diskontinuierliches Bleichen mit Wasserstoffperoxid), Färben (KKV-Verfahren oder im Ausziehverfahren) oder Beschichten mit Pigmentpasten sowie Ausrüstung (Applikation von Weichmachern oder Fluorcarbonharzen auf Spanrahmen) von hauptsächlich Baumwoll-Gewebe. Das meiste Abwasser resultiert aus Waschprozessen. Die einzelnen Abwasserströme sind sorgfältig analysiert und zum Schutz der Membranen getrennt worden. Beispielsweise wird kein pigmentpastenhaltiger Strom der Anlage zugeführt, da die Bindemittel zu irreversibler Belagbildung führen würden. Zusätzlich sind Veredlungsverfahren geändert worden. Die Kalt-Klotzbleiche wird nicht mehr mit Wasserglas durchgeführt, da das Natriumsilikat die Membranen verstopft. Abbildung 4.52 zeigt das Fließbild der Anlage, die aus verschiedenen Filtrationstechniken besteht. Es ist wichtig, dass zuvor die Fasern und Partikel (Senge und Scher und Scherstaub) soweit wie möglich entfernt werden. Die erste Stufe der Membrantechnik besteht aus einer Ultrafiltration mit tubularen Keramikmembranen (siehe Abbildung 4.53) zur Entfernung aller restlichen Partikel und Polymeren. Ca. 90% des Zulaufs können für die meisten Veredlungsprozesse wiederverwendet werden. Auch das Recycling hat spezifisch zu erfolgen; beispielsweise wird für die Herstellung von Bleichflotten, Färbeflotten und Ausrüstungsflotten nicht Recyclingwasser, sondern Frischwasser verwendet.



Abbildung 4.52: Ultrafiltration mit Tubularmodulen als Teil der beschriebenen Anlage zur Behandlung von Abwasserteilströmen mit Recycling

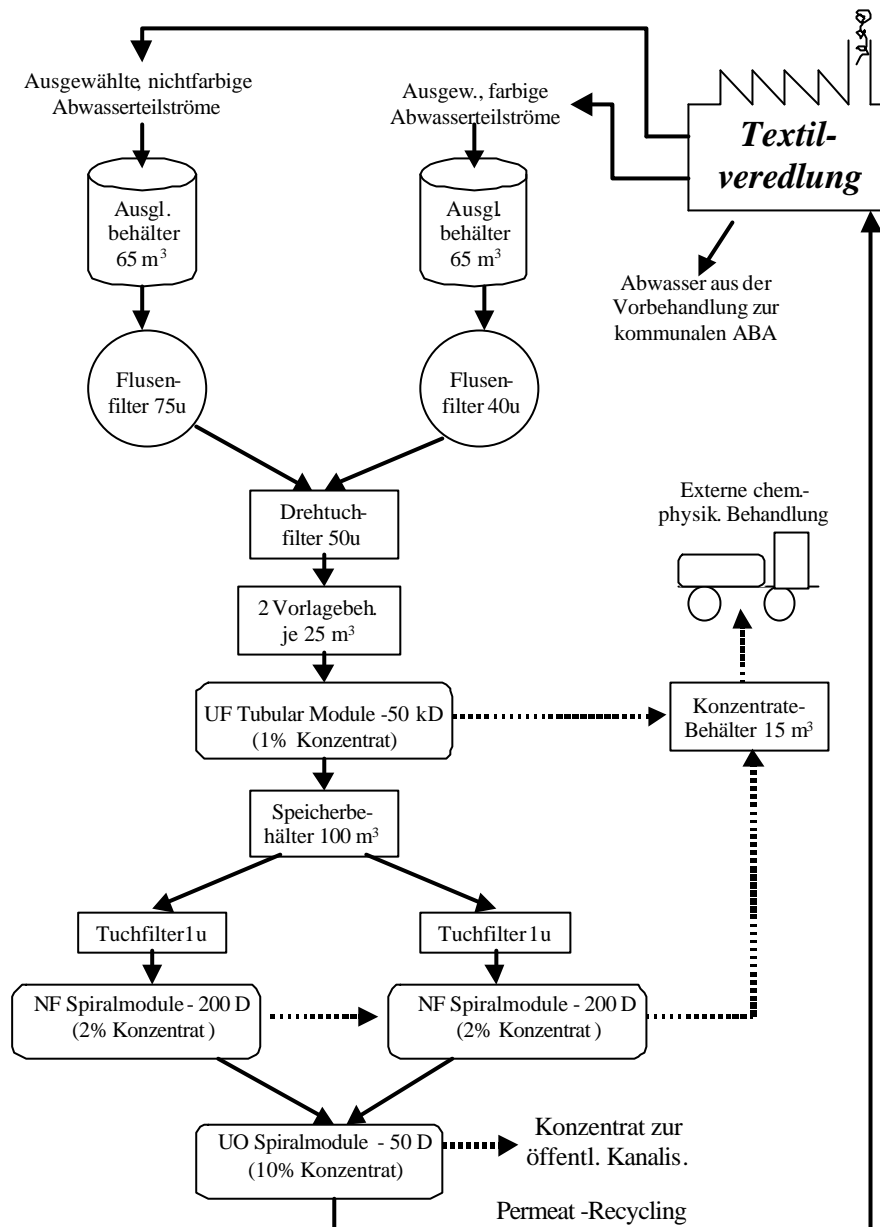


Abbildung 4.53: Behandlung ausgewählter und abgetrennter Abwasserteilströme mittels einer Kombination von Membrantechniken; die Trenngrenzen für die UF-, NF- und UO-Membranen sind in Dalton (D) angegeben

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der Wasserverbrauch und der Abwasseranfall können zu ca. 60% reduziert werden. Die CSB-Fracht wird um ca. 50% vermindert.

Anwendbarkeit

Die Technik ist für alle Textilveredlungsbetriebe anwendbar, vorausgesetzt das Abwasser wird gezielt getrennt und die einzelnen Abwasserteilströme auf Membranverträglichkeit untersucht und ausgewählt. Veredlungsrezepte müssen hinsichtlich Membranverträglichkeit überprüft und möglicherweise geändert werden. Z.B. muss Wasserglas zur Zubereitung von Farbklotzflotten vermieden werden (siehe obige Beschreibung). Abwasserteilströme mit nicht vermeidbaren Verbindungen, die zu irreversibler Belagbildung auf den Membranen führen können, dürfen der Membrananlage nicht zugeführt werden (z.B. pigmentpastenhaltige Teilströme - siehe obige Beschreibung - oder Teilströme, die Reaktivharze aus der Ausrüstung enthalten).

Für die Abwassertrennung und für das Recycling des Permeates sind zusätzliche Rohrleitungssysteme erforderlich. Auch müssen zusätzliche Zwischenbehälter installiert werden.

Cross-media Effekte

Der Energieverbrauch der Anlage beträgt einen nicht vernachlässigbaren Energieverbrauch in Höhe von 20 kWh/m³ behandeltes Abwasser. In Anbetracht der Tatsache, dass es sich bei der Membrantechnik um eine reine Trenntechnik handelt, ist die umweltgerechte Entsorgung des Konzentrates ein entscheidender Punkt.

Referenzanlagen

Anlage bei der Fa. van Clewe GmbH & Co.KG, D-46499 Dingden (<http://www.van-clewe.de>) für eine Abwassermenge von 10 m³/h.

Betriebsdaten

Die Anlage ging Ende 1995 in Betrieb. Viele Probleme mussten bewältigt werden, besonders die Entfernung von Fasern und Partikeln sowie die Identifizierung von Chemikalien, die zur Belagbildung auf den Membranen führten. Die Ultrafiltration musste von Spiralmodulen auf keramische Rohrmodule umgerüstet werden, da letztere hinsichtlich Belagbildung weniger empfindlich sind.

Die Permeatflüsse sind folgende:

- Ultrafiltration (UF): 85-130 l/m² x h
- Nanofiltration (NF): 12 - 17 l/m² x h
- Umkehrosmose (UO): 11 - 17 l/m² x h

Das Abwasser aus der Vorbehandlung (alkalisches Abkochen und Bleichen) und aus der Ausrüstung (Restklotzflotten von den Spannrahmen) wird in der Membrananlage nicht behandelt, sondern nach Neutralisation der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt.

Die Anlage behandelt um 900 m³/Woche Abwasser (was ca. 70% der Gesamtabwassermenge entspricht) und gewinnt um 800 m³/Woche Wasser zurück, das für alle Wasch- und Spülprozesse eingesetzt werden kann.

Die Anlage wird batch-weise betrieben. Das Konzentrat wird in einer externen Anlage chemisch-physikalisch behandelt. Als weitere Optimierung soll das Konzentrat zukünftig auf einen Wassergehalt von 15% eingedampft und anschließend in einer Anlage nach dem Stand der Technik verbrannt werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für die 10 m³/h-Anlage (siehe Abbildung 4.53) beträgt ca. 1 Million EURO. Unter Berücksichtigung der Kapitalkosten und Betriebskosten (Personal, Energie, Chemikalien für die Membranreinigung, Unterhaltung und Konzentratentsorgung) betragen die spezifischen Kosten 4,5 EURO/m³ rückgewonnenes Wasser (Kapitalkosten: 1,3 EURO/m³, Betriebskosten: 3,2 EURO/m³).

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Firma leitet das Abwasser in eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage ein und wird von dort mit starken Beschränkungen bezüglich Menge und CSB-Fracht konfrontiert, was ausschlaggebend für die Einführung dieser Technik war.

Literatur

[Marzinkowski, 1998]

Marzinkowski, J.M.; van Clewe, B.

Wasserkreislaufführung durch Membranfiltration der farbigen Abwässer

Melliand Textilberichte 79 (1998) 174-177

[van Clewe, 1999]

Innerbetriebliche Abwasserteilstrombehandlung zur Schließung von Wasserkreisläufen

Abschlussbericht über ein Innovationsprojekt unter dem Az: 07711 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt(1999)

4.2.2.2.4 Behandlung und Recycling von Abwasser, das mit farbpigmenthaltigen Pasten und Stoffen aus der wässrigen Reinigung von Spannrahmenabgas belastet ist

Beschreibung

Im folgenden wird die Behandlung des Abwassers aus einer Pigmentpasten-Zubereitungsstation beschrieben. Das Abwasser resultiert vor allem aus Reinigungsvorgängen von Rührern und Kübeln. Die Pigmentpaste wird für das Beschichten von Geweben eingesetzt. Diese Pasten enthalten vor allem organische Farbpigmente, organische Verdickungsmittel (üblicherweise Polyacrylate), organische Bindemittel (Copolymerisate), Fixiermittel (organische Harze), Katalysatoren und Weichmacher. Die Behandlung besteht zunächst aus einer Coagulation zur Entklebung der Binde- und Fixiermittel (siehe Fließbild in Abbildung 4.54). Dazu wird Polyaluminiumchloridsulfat zugegeben. Danach wird der gebildete Niederschlag mit Bentonit bei pH 6 geflockt. Der gebildete Niederschlag wird anschließend mittels Mikrofiltration entfernt. Die eingesetzten Membranen bestehen aus Polypropylen mit einer Trenngrenze von 0.2 µm. Die Schwebstoffe im Konzentrat werden in einem Schrägklärer nach Zugabe eines Flockungsmittels entfernt. Der gebildete Schlamm wird einer externen Entsorgung zugeführt. Diese besteht aus einer chemisch-physikalischen Behandlung, soll aber zukünftig durch eine Verbrennung ersetzt werden. Das Permeat ist völlig feststofffrei und kann für die Reinigungsvorgänge wieder eingesetzt werden. Das Permeat ist völlig feststofffrei und kann für die Reinigungsvorgänge wieder eingesetzt werden.

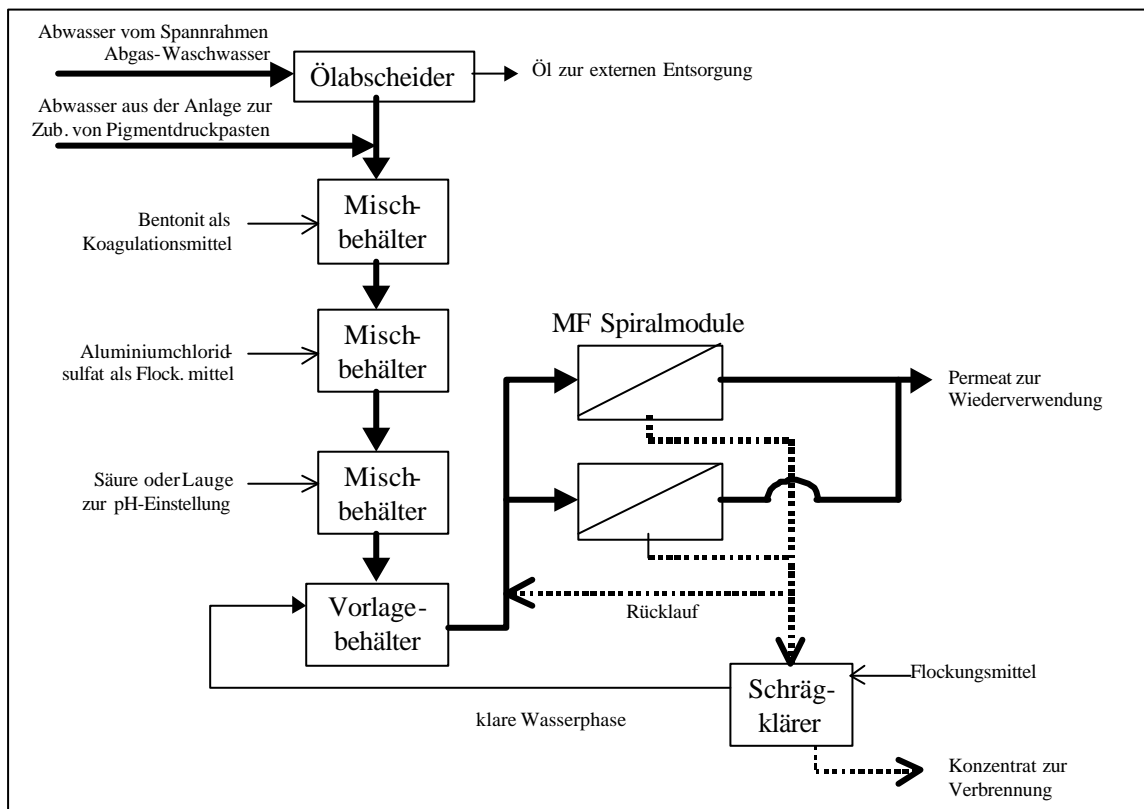


Abbildung 4.54: Fließbild für eine Anlage zur Behandlung von Abwasser aus einer Farbküche zur Zubereitung von Pigmentdruckpasten und von Waschwasser aus einem Wäscher zur Behandlung von Spannrahmenabgas

Abbildung 4.54 weist auch darauf hin, dass das pigmentpastenhaltige Abwasser zusammen mit Abgaswaschwasser von drei Spannrahmen behandelt wird. Herzstück der Anlage sind die zwei Mikrofiltrationseinheiten, die jeweils aus 400 Spiralmembranmodulen bestehen (Abbildung 4.55).



Abbildung 4.55: Mikrofiltrationsanlage zur Behandlung und Recycling von Abwasser aus einer Farbküche zur Zubereitung von Pigmentdruckpasten und von Waschwasser aus einem Wäscher zur Behandlung von Spannrahmenabgas

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das Abwasser wird zu mehr als 90% recycelt. Die biologisch nicht abbaubaren Stoffe wie die organischen Verdickungsmittel, Bindemittel und Fixiermittel werden vollständig entfernt und in Zukunft in einer externen Verbrennungsanlage nach dem Stand der Technik mineralisiert. In biologischen Behandlungsanlagen können diese wasserunlöslichen Stoffe nicht abgebaut werden; sie würden jedoch zu einem hohen Prozentsatz an den Belebtschlamm adsorbiert werden.

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl für bestehende als auch für neue Anlagen zur Zubereitung von Pigmentpasten für das Beschichten oder Bedrucken von Textilsubstraten anwendbar.

Cross-media Effekte

Für die Abwasserbehandlung und -recycling wird Energie benötigt.

Referenzanlagen

Eine Anlage für 1,25 m³/h wird seit 2001 bei der Fa. van Clewe GmbH, D-46495 Dingden betrieben; dort wird das pigmentpastenhaltige Abwasser zusammen mit Waschwasser aus der Reinigung von Spannrahmenabgasen behandelt (zusätzlich 1,25 m³/h).

Betriebsdaten

Die CSB-Konzentration im zulaufenden Abwasser variiert zwischen 4000 und 10000 mg O₂/l. Die CSB-Konzentration im Permeat liegt bei 600 mg O₂/l, was einer Reinigungsleistung von um 90% entspricht. Die Coagulation muss wegen der organischen Binde- und Fixiermittel sehr sorgfältig durchgeführt und überwacht werden. Im Falle einer unvollständigen Entklebung dieser Stoffe würde dies zur Belagbildung auf den Membranen führen, was wiederum eine Verstopfung innerhalb kurzer Zeit zur Folge hätte.

Der Differenzdruck der Mikrofiltration liegt bei 1 bar.

Wirtschaftliche Aspekte

Die beschriebene Anlage für eine Menge von 2,5 m³/h (die zwei erwähnten Abwasserströme) verursachen Investitionskosten in Höhe von 180.000 EURO. Die Betriebskosten einschließlich der Kosten für die externe Entsorgung des Konzentrates (was den Löwenanteil ausmacht) betragen ca. 4 EURO/m³.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Firma leitet das Abwasser in eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage ein und wird von dort mit starken Beschränkungen bezüglich Menge und CSB-Fracht konfrontiert, was ausschlaggebend für die Einführung dieser Technik war.

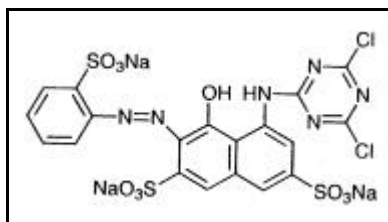
Literatur

Noch nicht verfügbar

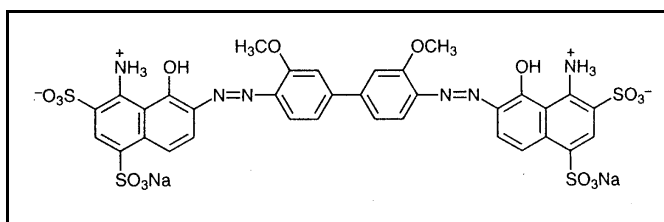
4.2.2.2.5 Anaerobe Entfärbung von Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten

Beschreibung

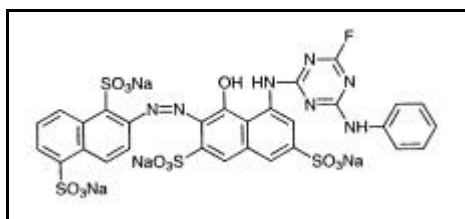
Klotzflotten für das kontinuierliche und semi-kontinuierliche (KKV-Verfahren) Färben und Druckpasten enthalten hohe Konzentrationen an Farbstoffen. Zunächst ist die Menge an Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten durch prozess- und produktionsintegrierte Maßnahmen zu minimieren (siehe die entsprechend beschriebenen Techniken). Die Farbstoffe von bestimmten unvermeidbaren Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten können in einem Faulturm, vorzugsweise in Cofermentation mit Primär- und Überschussschlamm aus der biologischen Abwasserbehandlung anaerob behandelt werden. Dies bedeutet, dass die genannten Reste dem Faulturm einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden. Heutzutage sind die Azofarbstoffe die wichtigsten applizierten Farbstoffe. Der entscheidende Teil ihrer chromophoren Gruppe sind eine oder mehrere Azogruppen (siehe einige Beispiele in Abbildung 4.56).



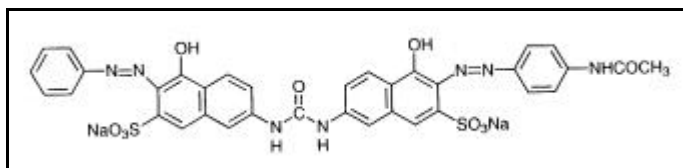
Reactive Red 1



Direct Blue 1



Reaktivfarbstoff mit Fluortriazin-Gruppe als Reaktivgruppe



Direct Red 23

Abbildung 4.56: Beispiele für Azofarbstoffe, die eine oder zwei Azogruppen (-N=N-) enthalten - zwei Beispiele für Reaktivfarbstoffe und zwei Beispiele für Direktfarbstoffe

Unter anaeroben Bedingungen werden diese Azogruppen irreversibel gespalten und die Farbstoffe verlieren dadurch ihre Farbigkeit. Allerdings absorbieren die entstehenden aromatischen Moleküle immer noch Licht. Deshalb verbleibt oft eine gelbliche Restfärbung. Die wasserlöslichen Spaltprodukte (diejenigen mit Sulfogruppen) verbleiben in der Wasserphase und gelangen mit dem Trübwasser und dem Filtrat aus der Schlammmentwässerung in die Belebtschlammstufe. Die mehrfach substituierten Naphthalinderivate sind biologisch schwer abbaubar und sind im behandelten Abwasser präsent. Nichtsdestotrotz bedeutete die anaerobe Entfärbung eine deutliche Verbesserung im Vergleich zur Ableitung von unbehandelten Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Der wichtigste Vorteil besteht in der gezielten Entfärbung zu mehr als 90% (bestimmt als Verminderung der spektralen Absorptionskoeffizienten bei den Wellenlängen 436, 525 und 620 nm). Im Falle von Restdruckpasten, die natürliche Verdickungsmittel wie Alginat oder Galaktomannane enthalten, ist auch die Bildung von Biogas aus dem Abbau dieser Biopolymere zu verzeichnen.

Obwohl die Menge der genannten Konzentrate klein ist (selbst für einen großen TVB nur wenige Tonnen pro Woche) gibt es Fälle, bei denen die Restfarbigkeit des behandelten Abwassers um ca. 50% reduziert werden konnte.

Anwendbarkeit

Die Technik kann sowohl für neue als auch für bestehende Anlagen angewandt werden. Sie ist auf Azofarbstoff-haltige Konzentrate beschränkt. Andere chromophore Systeme können damit nicht wirkungsvoll behandelt werden. Küpenfarbstoffe können zwar zur farblosen Form reduziert werden; allerdings ist dieser Prozess reversibel. Außerdem sind schwermetallhaltige Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten separat zu behandeln bzw. zu entsorgen, es sei denn der Schlamm wird nach dem Stand der Technik verbrannt. Pigmentdruckpasten können in Faultürmen nicht behandelt werden, da sie durchweg biologisch nicht abbaubare Stoffe enthalten, die zudem wegen der polymeren Bindemittel zu Belägen im Faulturm führen können.

Cross-media Effekte

Die reduktive Spaltung der Azogruppen führt zu aromatischen Aminen, die kanzerogene oder karzinogene Effekte hervorrufen können. Allerdings haben bisherige Untersuchungen diese Gefahr nicht bestätigt [Kolb, 1988].

Referenzanlagen

In Deutschland werden Restdruckpasten in den Faultürmen der kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Ravensburg, D-Ravensburg und Bändlegrund, D-Weil behandelt. Rest-Farbklotzflotten werden im Faulturm der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage Mergelstetten, D-Heidenheim-Mergelstetten behandelt.

Betriebsdaten

Es ist wichtig, die unvermeidbaren Rest-Farbklotzflotten am Entstehungsort zu trennen, um sie in konzentrierter Form zu erfassen. Selbst in größeren TVB liegt die Menge bei einigen Tonnen pro Woche. Zusätzlich kann es erforderlich sein (in Abhängigkeit vom Entsorgungsweg des anaerob behandelten Schlammes), die schwermetallhaltigen Klotzflotten und Druckpasten für eine anderweitige Entsorgung zu separieren. Für die Zugabe der Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten in den Faulturm ist ein separater Annahme- und Dosiertank erforderlich. Es ist auch möglich, die Reste dem Primärschlamm bunker zuzugeben. Die Zugabe von Reaktivdruckpasten zu einem Faulturm sollte 10 g/kg Schlamm nicht übersteigen, um mögliche Hemmeffekte zu vermeiden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die bekannten Kosten für die anaerobe Behandlung in kommunalen Faultürmen schwanken zwischen 30 und 110 EURO/t Rest-Farbklotzflotte oder Restdruckpaste.

Gründe für die Anwendung der Technik

Die Überschreitung bestehender Grenzwerte an der Einleitungsstelle (in Deutschland meistens am Ablauf von kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen) war der Hauptgrund für die Einführung dieser Technik.

Literatur

[Minke, 1997]

Minke, R.; Rott, U.

Innerbetriebliche anaerobe Behandlung organisch hoch belasteter und stark farbiger Teilstromabwässer der Textilveredlungsindustrie

Preprints zum Colloquium "Produktionsintegrierter Umweltschutz - Abwasserreinigung" vom 15.-17.09.1997 (1997) B53 - B 75

[Minke, 1998]

Untersuchung zur anaeroben mikrobiologischen Abbaubarkeit farbstoffhaltiger Teilstromabwässer aus der Textilveredlungsindustrie unter Berücksichtigung der Wirkung von Co-Substraten und einer naschemischen oxidativen Vorbehandlung

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben der Willy-Hager-Stiftung (1998)

[Kolb, 1988]

Kolb, M.; Blädel, H.; Funke, B.

Untersuchungen zur Toxizität von entfärbtem Textilabwasser

Gwf Wasser-Abwasser 129 (1988) 764-766

4.2.2.2.6 Behandlung ausgewählter, abgetrennter und biologisch nicht abbaubarer Abwasserteilströme mittels chemischer Oxidation

Beschreibung

Bei verschiedenen Prozessen der Textilveredlung fallen hochbelastete Abwasserteilströme an wie z.B. Entschlichtungsflotten und ausgezogene Färbeflotten. In Abhängigkeit von der Effizienz der Waschtechnik und des damit zusammenhängenden Wasserverbrauchs sowie von der Schlichtemittelaufgabe können in den Entschlichtungsflotten CSB-Konzentrationen bis zu 20.000 mg O₂/l anfallen (siehe 3.3.2.1). In Abhängigkeit von der Farbstoffklasse weisen ausgezogene Färbeflotten CSB-Konzentrationen zwischen 1.000 und 15.000 mg O₂/l auf (siehe 3.1.2 und 3.2.2.3.1). Restklotzflotten, z.B. vom KKV-Färben oder vom Ausrüsten sowie Restdruckpasten weisen sogar noch deutlich höhere CSB-Konzentrationen auf.

Entschlichtungsflotten mit biologisch nicht abbaubaren Schlichtemitteln sowie ausgezogene Färbeflässe können durch Oxidation in einem speziellen Reaktor bei 100-130°C und über 3 bar Druck (max. 5 bar) behandelt werden. Dabei ist das Haupt-Oxidationsmittel molekularer Sauerstoff. Wasserstoffperoxid initiiert lediglich die Oxidationsreaktion und sorgt mit dafür, dass sie am laufen bleibt. Als Katalysator wird ein Eisen(II)-Salz zugegeben. Mit CSB-Konzentrationen im Zulauf von mehr als 2500 mg/l verläuft die Reaktion exotherm. Abbildung 4.57 zeigt das Prinzipschema und ein Foto eines solchen Reaktors. Zusätzlich ist die Trennung der ausgewählten Abwasserteilströme (vorzugsweise automatisch), entsprechende Rohrleitungen und ein Ausgleichsbehälter erforderlich. Zudem wird Platz für den Oxidationsreaktor, den Ausgleichsbehälter und den Chemikalienbehälter benötigt.

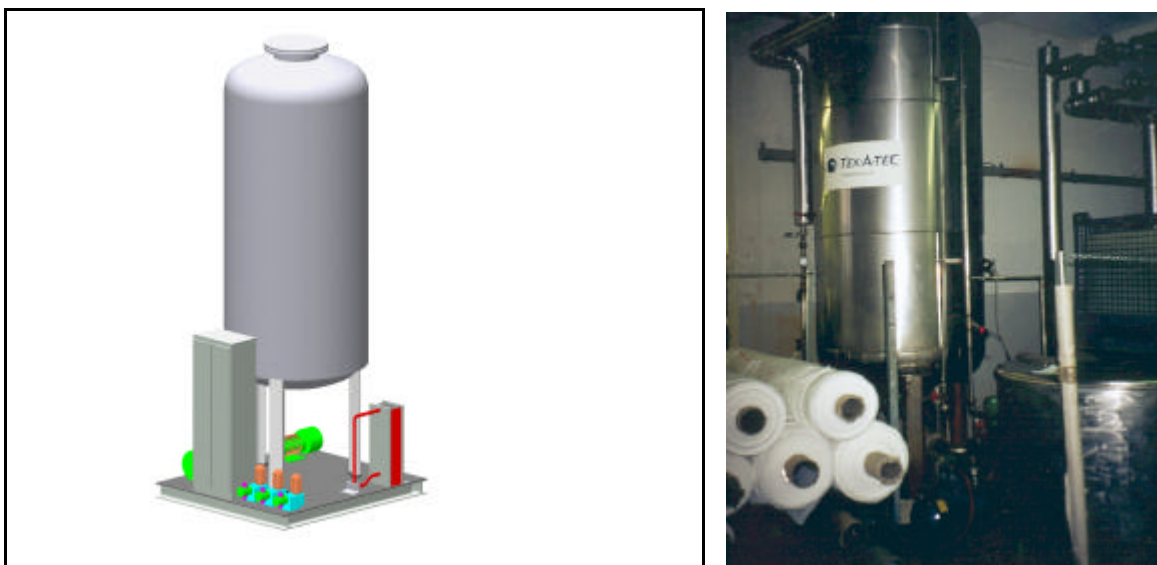


Abbildung 4.57: Prinzipskizze und Bild einer Anlage zur katalytischen Oxidation mit O₂/H₂O₂ von ausgewählten, abgetrennten, hochbelasteten Abwasserteilströmen und Bild des Reaktors der Anlage bei der Schoeller AG, CH-Sevelen, die seit 1996 in Betrieb ist

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

In Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit, der Temperatur und dem Druck sowie von den chemischen Eigenschaften der Abwasserinhaltsstoffe werden CSB-Reinigungsleistungen zwischen 70-85% erreicht. Allerdings ist der Rest-CSB zu einem hohen Prozentsatz biologisch abbaubar (wegen der Modifikation von Verbindungen im Laufe des Oxidationsprozesses. Berücksichtigt man die nachfolgende biologische Behandlung (üblicherweise in der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage, so ergeben sich CSB-Eliminationsraten von mehr als 95%. Dabei handelt es sich um echte Mineralisation, d.h. um vollständigen Abbau der organischen Stoffe. Die Entfärbungswirkung beträgt mehr als 90% und die behandelten ausgezogenen Färbeflotten sind praktisch farblos.

Anwendbarkeit

Die Oxidationstechnik ist sowohl für bestehende als auch für neue Fälle anwendbar.

Cross-media Effekte

Der Betrieb des Oxidationsreaktors benötigt Elektrizität, was jedoch von untergeordneter Bedeutung ist.

Referenzanlagen

Es besteht eine Anlage bei der Schoeller Textil AG, CH-9475 Sevelen, die seit 1996 in Betrieb ist; der Durchsatz beträgt 4-5 m³/h.. Eine zweite und dritte Anlage befindet sich in der Montage (August 2001) bei den Firmen Tintoria di Stabio SA, CH-6855 Stabio und Givaudan Vernier SA, CH-1214 Vernier.

Betriebsdaten

Abwasserteilströme von verschiedenen Prozessen (mit verschiedenen Stoffen und Konzentrationen) werden nacheinander behandelt, um die Betriebskosten zu minimieren. Die Behandlung erfolgt kontinuierlich und ist vollständig automatisiert. Sie benötigt wenig Betriebspersonal. Der Eisenkatalysator kann recycelt werden, was in vielen Fällen nicht notwendig erscheint, insbesondere bei nachfolgender Behandlung des Abwassers in einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage, in der das Eisen zur Phosphatentfernung dient oder wenigstens zur Entwässerung des Schlammes.

Typische Dosierungen der Chemikalien für den Oxidationsprozess (z.B. CSB = 8500 mg O₂/l) sind:

- 13 l H₂O₂-Lösung (35%)/m³ Abwasser (1.53 l H₂O₂-Lösung/m³ und 1000 mg O₂/l CSB)
- 35 ml H₂SO₄ (30%)/m³ Abwasser
- 120 g Fe²⁺/ m³ Abwasser

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für einen Reaktor bei einer Abwassermenge von 4-5 m³/h (Reaktor, Dosierungseinrichtungen für Wasserstoffperoxid und den Eisenkatalysator, Wärmetauscher, Einheit zur Zubereitung der Katalysator-Lösung, Verrohrung und Steuer- und Regeltechnik) betragen ca. 230.000 EURO. Die Betriebskosten belaufen sich einschließlich der vorgenannten Dosierung von Chemikalien, der Unterhaltung, der Personalkosten und des Stromverbrauchs auf ca. 3 EURO/m³. Es ist zu betonen, dass diese Zahl sich auf die Behandlung von ausgewählten hochbelasteten Abwasserteilströmen bezieht und nicht auf das gesamte Mischabwasser.

Gründe für die Anwendung der Technik

Abwasserprobleme waren die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik; z.B. wenn die zur kommunalen Abwasserbehandlungsanlage einzuleitende CSB-Fracht begrenzt ist oder Grenzwerte überschritten werden oder das Abwasser biologisch nicht abbaubare oder toxische Inhaltsstoffe enthält..

Literatur

[Marte, 1997]

Marte, W.; Meyer, U.; Waeber, P.

<<Faktor vier>> in der Textilveredlungsindustrie – eine überrissene Forderung?

Textilveredlung 32 (1997) 167-173

[Böhringer, 1997]

Böhringer, A.

Innovation und ökologische Verantwortung trotz wirtschaftlich schwieriger Zeiten

ITB Färberei/Druckerei/Ausrüstung (1997), Nr. 2, 43-45

4.2.2.2.7 Abwasserbehandlung mittels Fällung/Flockung und Verbrennung des Schlammes

Beschreibung

Die Behandlung von Textilabwasser mittels Fällung/Flockung zur Reduzierung der organischen Fracht und besonders zur Entfärbung wird seit mehr als 100 Jahren praktiziert. Heutzutage gibt es Techniken mit minimiertem Schlammanfall und Entsorgung des anfallenden Schlammes durch Verbrennung nach dem Stand der Technik. Somit wird das Problem der organischen Stoffe nicht einfach von einem Medium zum anderen verschoben. In modernen Anlagen wird das Präzipitat nicht einfach durch Sedimentation aus der Wasserphase abgetrennt, sondern durch Entspannungsflotation. Die Fällungs-/Flockungsmittel werden speziell zur Maximierung der CSB-Entfernung sowie der Entfärbung bei minimiertem Schlammanfall ausgewählt. In den meisten Fällen ergeben Kombinationen von Aluminiumsulfat, einem kationischen organischen Flockungsmittel, und niedrigen Mengen eines anionischen Polyelektrolyts die besten Ergebnisse. Abbildung 4.58 zeigt drei Bilder einer typischen Anlage zur Fällung/Flockung.

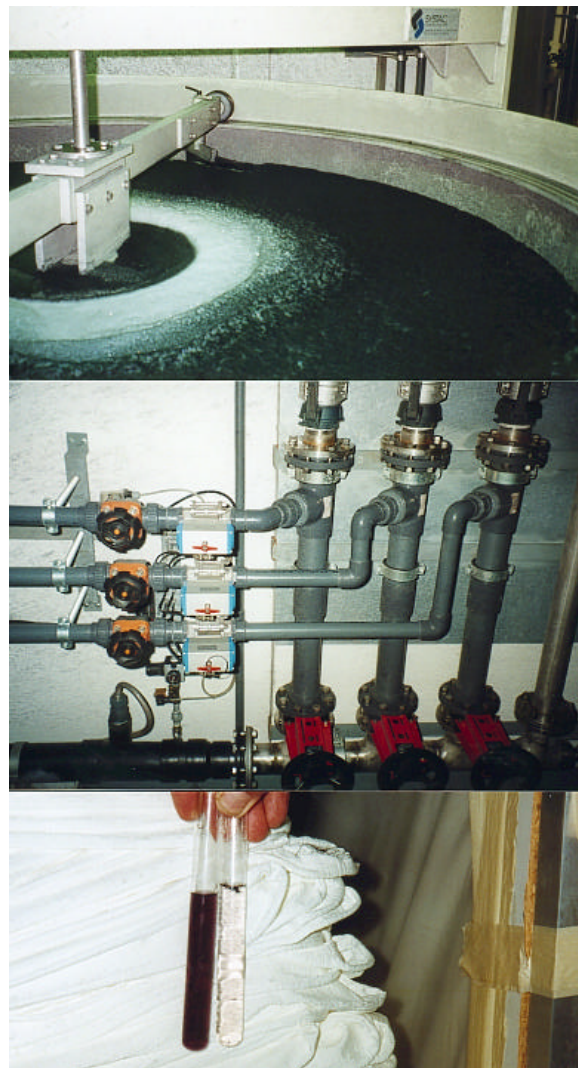


Abbildung 4.58: Drei Bilder einer typischen Anlage zur Fällung/Flockung von Textilabwasser und externer Verbrennung des Präzipitates nach dem Stand der Technik; das erste Bild zeigt den flotierten Fällschlamm mit Separierung mittels Skimmer, das zweite Bild die Druckluftleitungen und das dritte Abwasserproben vor und nach Behandlung

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

In den meisten Fällen beträgt die CSB-Eliminationsrate 40-50% und die Entfärbung mehr als 90%. Sofern das Abwasser einen hohen Anteil an wasserunlöslichen Stoffen aufweist (z.B. Abwasser aus Pigmentdruckereien) ist die CSB-Eliminationsrate sogar höher. Der Schlamm wird in einer Verbrennungsanlage vollständig mineralisiert.

Anwendbarkeit

Die Technik ist sowohl bei bestehenden als auch bei neuen Anlagen anwendbar.

Cross-media Effekte

Beträchtliche Mengen organischer Stoffe werden von der Wasserphase in den Schlamm verlagert. Allerdings wird der Schlamm verbrannt und somit die organischen Stoffe mineralisiert. Somit entstehen keine nachteiligen Folgeeffekte. Das bei der Verbrennung entstehende Kohlendioxid ist wegen der kleinen Menge vernachlässigbar.

Referenzanlagen

In Europa sind viele Anlagen in Betrieb; allerdings wird bislang der Schlamm nur in wenigen Fällen verbrannt, z.B. bei der Fa. Schellenberg AG, CH-Fehraltorf

Wichtige Lieferanten sind:

- Systac GmbH, D-72764 Reutlingen
- Krofta Apparatebau GmbH, D-76185 Karlsruhe

Betriebsdaten

Vor der Fällung/Flockung erfolgt ein Mengenausgleich des Abwassers. Allerdings kann die Zeit für den Mengenausgleich im Vergleich zur biologischen Behandlung deutlich kürzer sein (um 12 Stunden). Im Abwasser enthaltene Fasern werden mit einem Sieb entfernt. Die Dosierung der Fällungs-/Flockungsmittel beträgt üblicherweise (im Fall der Behandlung von Mischabwasser mit einer CSB-Konzentration von ca. 1000 mg O₂/l):

- Aluminiumsulfat: 400 – 600 mg/l
- kationisches organisches Flockungsmittel: 50 - 200 mg/l
- anionisches Polyelektrolyt : 1 – 2 mg/l

Der Schlammanfall beträgt 0,7-1 kg TS/m³ behandeltes Abwasser. Üblicherweise wird er mittels Kammerfilterpresse entwässert. Typischerweise beträgt der Trockensubstanzgehalt im entwässerten Schlamm 35 - 40%.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für eine Anlage zur Behandlung von 20 m³/h Abwasser (einschließlich Sieb zur Flusenentnahme, Reaktor, Schlammcontainer, Kammerfilterpresse, Druckluftversorgung, Verrohrung und Mess- und Regeltechnik) schwanken zwischen 200.000 und 300.000 EURO. Die Betriebskosten variieren zwischen 0,25 – 1,50 EURO/m³.

Die Kosten für die Schlammverbrennung nach dem Stand der Technik liegen zwischen 70 – 250 EURO/t.

Gründe für die Anwendung der Technik

In den meisten Fällen waren Abwasserprobleme die entscheidenden Gründe für die Einführung der Technik (z.B. Abwasser, das in der kommunalen Behandlungsanlage nicht entfärbt wird oder das zu CSB-Grenzwertüberschreitungen führt).

Literatur

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

5 BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN (BVT)

5.1 Einleitung

Zum Verständnis dieses Kapitels wird der Leser auf das Vorwort verwiesen, das für alle BREFs einheitlich ist, insbesondere auf den fünften Abschnitt dieses Vorworts "Anleitung zum Verständnis und zur Benutzung des Dokuments". Die Techniken mit den damit unmittelbar verbundenen Emissions- und Verbrauchswerten (oder -bereichen) sind das Ergebnis eines gründlichen iterativen Verfahrens, das folgende Stufen beinhaltet:

- Identifizierung der wesentlichen Umweltaspekte/-probleme
- Auswahl und Bewertung der Techniken, die zur Lösung dieser Probleme am geeignetsten sind
- Identifizierung der besten Umweltleistungen auf Basis der verfügbaren Daten in Deutschland
- Ermittlung der Bedingungen, unter denen diese Umweltleistungen erreicht werden können. Diese beinhalten u.a. Kostenaspekte, Cross-media Effekte und die Gründe für die Einführung bestimmter Maßnahmen.
- Auswahl der besten verfügbaren Techniken (BVT) mit den damit verbundenen erreichbaren Emissions- und Verbrauchswerten, die für die Branche der Textilindustrie grundsätzlich gelten gemäß dem Anhang IV der IVU-Richtlinie

Bei jedem dieser Schritte sowie bei der Darstellung der Informationen hat die Beurteilung durch Experten die entscheidende Rolle gespielt.

Vor diesem Hintergrund werden die in diesem Kapitel vorgestellten Techniken als für die gesamte Branche geeignet angesehen und die in vielen Fällen die derzeitige Leistungsfähigkeit und Betriebsweise von Anlagen dieser Branche wiedergibt. Die angegebenen Emissions- und Verbrauchswerte sind so zu verstehen, dass sie für die Branche als solche geeignet sind und Umweltleistungen widerspiegeln, die das Ergebnis der Anwendung der Techniken sind. Dabei sind die Kostenaspekte und Umweltvorteile entsprechend der "BVT"-Definition abzuwägen. Die erreichbaren Werte sind keine Grenzwerte und sollten nicht als solche verstanden werden. Es mag Fälle geben, in denen technisch bessere Emissions- und Verbrauchswerte erreicht werden können, die aber nicht als allgemein gültig angesehen werden soweit nicht besondere örtliche Gründe vorliegen in Verbindung mit wirtschaftlichen und/oder medienübergreifenden Überlegungen.

In Fällen, in denen Werte in Verbindung mit einer besonderen Technik oder einer Kombination von Techniken als "erreichbar" bezeichnet werden, sind sie als Werte zu verstehen, deren Erreichen über längere Zeit in einer sorgfältig ausgelegten und gewarteten sowie in einer gut betriebenen Anlage oder Prozess erwartet werden kann.

Soweit verfügbar sind die Angaben zu den Kosten zusammen mit den in Kapitel 4 beschriebenen Techniken angegeben. Sie geben eine ungefähre Vorstellung zur Größenordnung der betreffenden Kosten. Allerdings hängen die tatsächlichen Kosten einer Technik stark von den speziellen Verhältnissen eines Falles ab, z.B. von Gebühren, Steuern und den technischen Gegebenheiten einer Anlage. Es ist im Rahmen dieses Dokuments nicht möglich alle diese standortspezifischen Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Sofern Angaben zu den Kosten nicht verfügbar sind, werden die Schlussfolgerungen hinsichtlich der wirtschaftlichen Machbarkeit von Techniken auf der Grundlage von Erfahrungen aus bestehenden Anlagen gezogen.

Die in diesem Kapitel grundsätzlich als "BVT" angesehenen Techniken sollen zur Beurteilung der Umweltleistung laufender bestehender Anlagen bzw. von Anträgen für neue Anlagen dienen und dabei bei der Festlegung von Bedingungen auf der Grundlage der BVT dienlich sein. Es wird angestrebt, dass neue Anlagen so ausgelegt werden können, dass sie die hier dargelegten generellen BVT errei-

chen oder sogar bessere Umweltleistungen aufweisen. Es wird auch vernünftigerweise erwartet, dass bestehende Anlagen mit der Zeit sich an die generellen BVT annähern oder über diese hinausgehen. Gleichwohl die BREFs selbst keine rechtliche Verbindlichkeit haben, sind sie als Orientierung/Wegweiser für die Industrie und die zuständigen Behörden hinsichtlich erreichbarer Werte für bestimmte Techniken zu verstehen. Bei der Festlegung von geeigneten Emissionsgrenzwerten im Einzelfall wird es notwendig sein, die Zielsetzungen der IVU-Richtlinie sowie die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Für die Textilindustrie werden die nachfolgenden Techniken oder Kombinationen davon als BVT angesehen. Die Priorität und die Auswahl der Techniken werden entsprechend der örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich sein. Jede weitere andere Technik oder Technikenkombination, die die gleichen oder bessere Umweltleistungen aufweisen, können auch Berücksichtigung finden. Solche Techniken können sich in der Entwicklung oder sich an der Schwelle der Praxisreife befinden oder solche, die schon verfügbar sind, aber in diesem Dokument nicht erwähnt oder beschrieben werden.

Es darf nicht vergessen werden, dass die Auswahl von BVT besonders im Bereich der Textilindustrie von verschiedenen standortspezifischen Faktoren abhängt; deshalb kann die Entscheidung für den jeweiligen Produktionsstandort individuell sein.

Die grundsätzlichen Standortfaktoren, die die BVT-Auswahl und die Prioritätenfestlegung bestimmen sind nachfolgend zusammengefasst:

- Größe und Struktur des Betriebes (vollstufiger Betrieb oder Lohnveredler, Anzahl der Schichten, Anzahl und Größe der täglichen Partien, Auslastung der Maschinen etc.).
- Gegebene Infrastruktur des Textilveredlungsbetriebes (Gebäude, Raumangebot, bestehende Transportsysteme, Energieerzeugung, Frischwasserversorgung etc.).
- Hergestellte Produkte (Textilsubstrate, Färbemethoden und Veredlungsverfahren etc.) mit ihrem Anwendungsbereich bzw. Qualitätsstandards.
- Prozesslogistik (z.B. bestehende diskontinuierliche und kontinuierliche Verfahren, vorhandene Vorbehandlungsmethoden (Nassprozesse, Rohfixierung, Reinigung mit organischen Lösungsmitteln), bestehender Maschinenpark (z.B. Färbemaschinen mit niedrigem oder hohem Flottenverhältnis)).
- Nachbarschaftssituation des Betriebes (besonders in Fällen mit möglicher Geruchsbelästigung).
- Örtliche Verhältnisse bezüglich der Abwasserentsorgung (Direkteinleitung oder indirekte Einleitung über eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage, Reinigungsleistung der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage, vorhandene betriebsinterne Behandlung etc.).

Wegen der Individualität der Textilveredlungsbetriebe wird der in Abbildung 5.1 dargestellte Ansatz als geeignet angesehen, die BVT zu identifizieren und einzuführen.

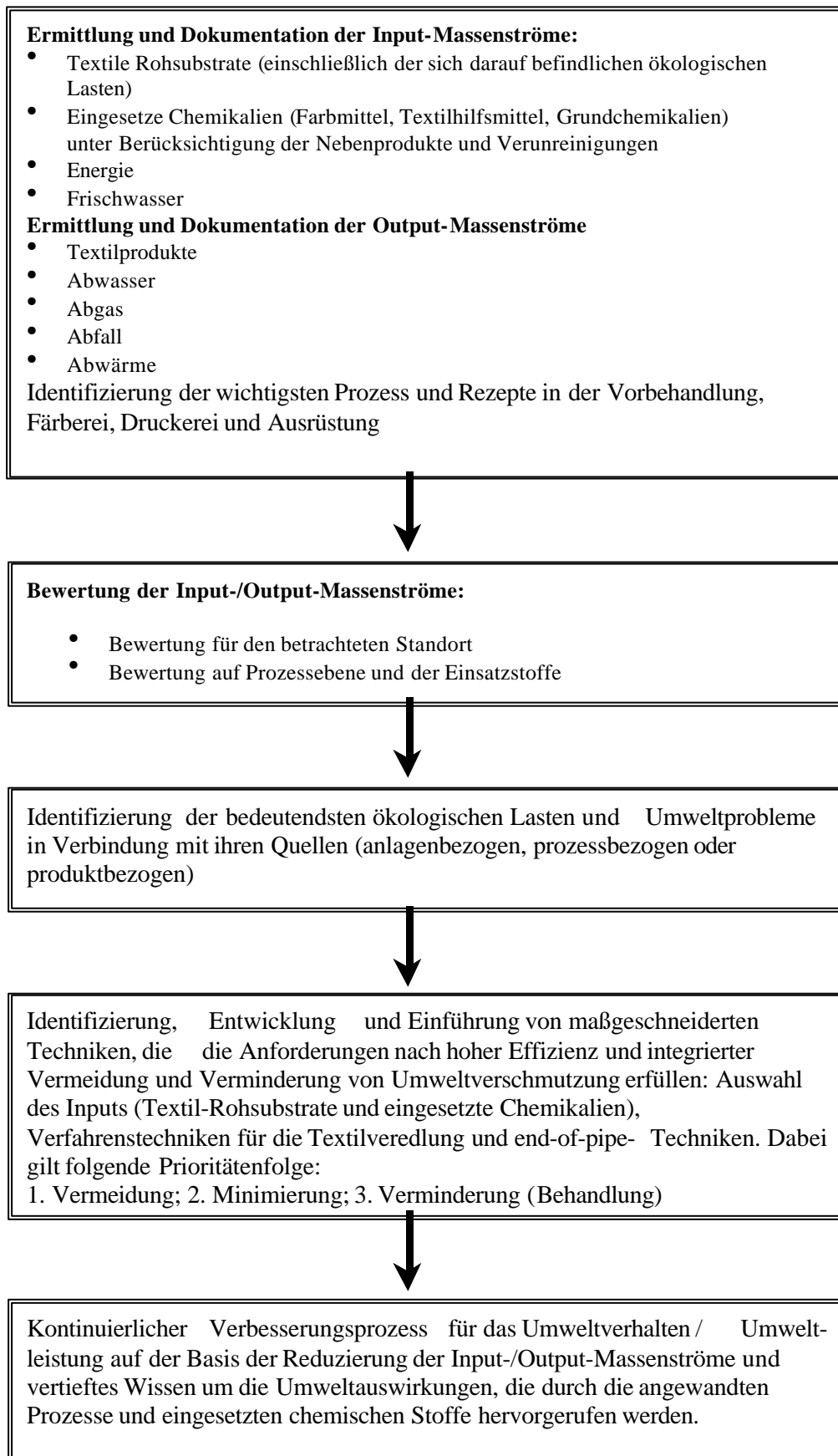


Abbildung 5.1: Ansatz für das Auswahlverfahren von BVT für einen bestimmten TVB

5.2 BVT für die Textilindustrie

Bezüglich der Anwendbarkeit und der anwendungstechnischen Grenzen einer Technik wird auf das Kapitel 4 verwiesen, in dem die einzelnen Techniken im Detail beschrieben sind.

5.2.1 Bestes Umweltmanagement

Die Praxis des besten Umweltmanagement gilt für alle verschiedenen TVB-Arten, während die in den nachfolgenden Kapiteln genannten Techniken spezifisch für die jeweilige TVB-Art sein können.

		Beschreibung in Kapitel
5.2.1.1	Managementwerkzeuge und organisatorische Maßnahmen	4.1.1
5.2.1.2	Erfassung der Input/Output-Massenströme und Darstellung in einem Kataster	4.1.2
5.2.1.3	Automatisierte Zubereitung von Veredlungsflotten	4.1.3
5.2.1.4	Rationeller Energieeinsatz	4.1.5
5.2.1.5	Managementmethode zur Minimierung von Geruchsbelästigungen	4.1.6

5.2.2 BVT für die Auswahl der Einsatzstoffe

In Anbetracht der hohen Umweltrelevanz der der Textilveredlung vorgelagerten Stufen der textilen Kette wie Garnherstellung, Garnverarbeitung, Herstellung von Flächengebilden ist die Einführung von Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltbelastungen auf diesen Stufen von essentieller Bedeutung. Deshalb werden auch BVT für diese Stufen dargelegt. Außerdem werden weitere Techniken bezüglich der Einsatzstoffe vorgestellt.

		Beschreibung in Kapitel
5.2.2.1	Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässer-relevanz	4.2.1.1.1
5.2.2.2	Anwendung des Emissionsfaktorkonzeptes	4.2.1.1.2
5.2.2.3	Einsatz von emissionsarmen Präparationsmitteln	4.2.1.1.3
5.2.2.4	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichte-mitteln	4.2.1.1.4
5.2.2.5	Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch Auswahl effektiverer Produkte	4.2.1.1.5
5.2.2.6	Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch das Vernetzen der Kettgarne	4.2.1.1.6
5.2.2.7	Einsatz von umweltfreundlichen Tensiden	4.2.1.1.7
5.2.2.8	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplex-bildnern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse	4.2.1.1.8
5.2.2.9	Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination	4.2.1.1.9
5.2.2.10	Kompaktspinnen	4.2.1.1.12

5.2.2 BVT für die Veredlung von Flockmaterial und Garn

		Beschreibung in Kapitel
5.2.3.1	Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässer-relevanz	4.2.1.1.1
5.2.3.2	Einsatz von emissionsarmen Präparationsmitteln	4.2.1.1.3
5.2.3.3	Einsatz von umweltfreundlichen Tensiden	4.2.1.1.7
5.2.3.4	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplexbild-nern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse	4.2.1.1.8

5.2.3.5	Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination	4.2.1.1.9
5.2.3.6	Substitution von Hypochlorit zum Bleichen	4.2.1.2.1
5.2.3.7	Enzymatisches Abkochen	4.2.1.2.4
5.2.3.8	Enzymatisches Entfernen von Rest-Wasserstoffperoxid nach dem Bleichen	4.2.1.2.5
5.2.3.9	Optimierung der Vorbehandlung von Baumwoll-Kettgarn	4.2.1.2.6
5.2.3.10	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit poly-funktionellen Re-aktivfarbstoffen	4.2.1.3.4
5.2.3.11	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen	4.2.1.3.5
5.2.3.12	Enzymatisches Seifen von reaktiv gefärbtem Substrat	4.2.1.3.6
5.2.3.13	Auszieh färben von Polyester und Polyester-Mischungen ohne Carrier oder mit ökologisch optimierten Carriern	4.2.1.3.7
5.2.3.14	Umweltfreundlichere reduktive Nachbehandlung von Polyester-Färbungen	4.2.1.3.8
5.2.3.15	Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle (alle Aufmachungsarten)	4.2.1.3.9
5.2.3.16	Färben von Flockmaterial aus Wolle auf stehendem Bad	4.2.1.3.10
5.2.3.17	Färben von Flockmaterial und Kammzügen aus Wolle – Minimierung der Abwasseremissionen	4.2.1.3.11
5.2.3.18	Behandlung von Textilabwasser in Belebtschlammanlagen mit niedriger Schlammbelastung	4.2.2.2.1

5.2.3 BVT für Textilveredlungsbetriebe, die Maschenware veredeln

		Beschreibung in Kapitel
5.2.4.1	Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässer-relevanz	4.2.1.1.1
5.2.4.2	Anwendung des Emissionsfaktorkonzeptes	4.2.1.1.2
5.2.4.3	Einsatz von emissionsarmen Präparationsmitteln	4.2.1.1.3
5.2.4.4	Einsatz von umweltfreundlichen Tensiden	4.2.1.1.7
5.2.4.5	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplex-bildnern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse	4.2.1.1.8
5.2.4.6	Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination	4.2.1.1.9
5.2.4.7	Substitution von Hypochlorit zum Bleichen	4.2.1.2.1
5.2.4.8	Natronlauge-Rückgewinnung aus der Mercerisation	4.2.1.2.3
5.2.4.9	Enzymatisches Abkochen	4.2.1.2.4
5.2.4.10	Enzymatisches Entfernen von Rest-Wasserstoffperoxid nach dem Bleichen	4.2.1.2.5
5.2.4.11	Auszieh färben mit Airflow-Färbemaschinen	4.2.1.3.1
5.2.4.12	Minimierung der Farbflottenverluste beim KKV-Färben	4.2.1.3.2
5.2.4.13	Silikatfreies KKV-Verfahren	4.2.1.3.3

5.2.4.14	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit poly-funktionellen Reaktivfarbstoffen	4.2.1.3.4
5.2.4.15	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen	4.2.1.3.5
5.2.4.16	Enzymatisches Seifen von reaktiv gefärbtem Substrat	4.2.1.3.6
5.2.4.17	Auszieh färben von Polyester und Polyester-Mischungen ohne Carrier oder mit ökologisch optimierten Carriern	4.2.1.3.7
5.2.4.18	Umweltfreundlichere reduktive Nachbehandlung von Polyester-Färbungen	4.2.1.3.8
5.2.4.19	Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle (alle Aufmachungsarten)	4.2.1.3.9
5.2.4.20	Emissionsarmer Pigmentdruck	4.2.1.4.2
5.2.4.21	Minimierung des Volumens des Zuführungssystems beim Rotations-filmdruck	4.2.1.4.3
5.2.4.22	Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem beim Rotationsfilmdruck	4.2.1.4.4
5.2.4.23	Recycling von Restdruckpasten	4.2.1.4.5
5.2.4.24	Zwei-Phasen Reaktivdruck	4.2.1.4.6
5.2.4.25	Spannrahmen mit optimiertem Energieverbrauch	4.2.1.5.1
5.2.4.26	Formaldehydarme Pflegeleichtausrüstung	4.2.1.5.2
5.2.4.27	Abluftreinigungstechnologien	4.2.2.1.1
5.2.4.28	Behandlung von Textilabwasser in Belebtschlammanlagen mit niedriger Schlammbelastung	4.2.2.2.1
5.2.4.29	Anaerobe Entfärbung von Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpasten	4.2.2.2.5

5.2.4 BVT für Textilveredlungsbetriebe, die Gewebe veredeln

		Beschreibung in Kapitel
5.2.5.1	Klassifizierung von Textilhilfsmitteln nach ihrer Gewässer-relevanz	4.2.1.1.1
5.2.5.2	Anwendung des Emissionsfaktorkonzeptes	4.2.1.1.2
5.2.5.3	Einsatz von emissionsarmen Präparationsmitteln	4.2.1.1.3
5.2.5.4	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Schlichte-mitteln	4.2.1.1.4
5.2.5.5	Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch Auswahl effektiverer Produkte	4.2.1.1.5
5.2.5.6	Minimierung der Schlichtemittelaufgabe durch Vornetzen der Kettgarne	4.2.1.1.6
5.2.5.7	Einsatz von umweltfreundlichen Tensiden	4.2.1.1.7
5.2.5.8	Einsatz von biologisch abbaubaren/eliminierbaren Komplexbildnern für Vorbehandlungs- und Färbeprozesse	4.2.1.1.8
5.2.5.9	Einsatz von Dispergiermitteln mit höherer Bioelimination	4.2.1.1.9
5.2.5.10	Substitution von Hypochlorit zum Bleichen	4.2.1.2.1
5.2.5.11	Rückgewinnung von Schlichtemitteln mittels Ultrafiltration	4.2.1.2.2
5.2.5.12	Natronlauge – Rückgewinnung aus der Mercerisation	4.2.1.2.3
5.2.5.13	Enzymatisches Abkochen	4.2.1.2.4
5.2.5.14	Enzymatisches Entfernen von Rest-Wasserstoffperoxid nach dem Bleichen	4.2.1.2.5
5.2.5.15	Auszieh färben mit Airflow-Färbemaschinen	4.2.1.3.1
5.2.5.16	Minimierung der Farbflottenverluste beim KKV-Färben	4.2.1.3.2
5.2.5.17	Silikatfreies KKV-Verfahren	4.2.1.3.3
5.2.5.18	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit poly-funktionellen Reaktivfarbstoffen	4.2.1.3.4

5.2.5.19	Auszieh färben von cellulosischen Fasern mit Low-Salt-Reaktivfarbstoffen	4.2.1.3.5
5.2.5.20	Enzymatisches Seifen von reaktiv gefärbtem Substrat	4.2.1.3.6
5.2.5.21	Auszieh färben von Polyester und Polyester-Mischungen ohne Carrier oder mit ökologisch optimierten Carriern	4.2.1.3.7
5.2.5.22	Umweltfreundlichere reduktive Nachbehandlung von Polyester-Färbungen	4.2.1.3.8
5.2.5.23	Substitution von Nachchromierungsfarbstoffen zum Färben von Wolle (alle Aufmachungsarten)	4.2.1.3.9
5.2.5.24	Umweltfreundliches Färben mit Schwefelfarbstoffen	4.2.1.3.12
5.2.5.25	Einstufige, kontinuierliche Küpenfärbung in Pastelltönen und hellen Farbschattierungen	4.2.1.3.13
5.2.5.26	Substitution von Harnstoff in Reaktivdruckpasten	4.2.1.4.1
5.2.5.27	Emissionsarmer Pigmentdruck	4.2.1.4.2
5.2.5.28	Minimierung des Volumens des Zuführungssystems beim Rotations-filmdruck	4.2.1.4.3
5.2.5.29	Rückgewinnung der Druckpaste aus dem Zuführungssystem beim Rotationsfilmdruck	4.2.1.4.4
5.2.5.30	Recycling von Restdruckpasten	4.2.1.4.5
5.2.5.31	Zwei-Phasen Reaktivdruck	4.2.1.4.6
5.2.5.32	Spannrahmen mit optimiertem Energieverbrauch	4.2.1.5.1
5.2.5.33	Formaldehydarme Pflegeleichtausrüstung	4.2.1.5.2
5.2.5.34	Abluftreinigungstechnologien	4.2.2.1.1
5.2.5.35	Behandlung von Textilabwasser in Belebtschlammanlagen mit nie d-riger Schlammbelastung	4.2.2.2.1
5.2.5.36	Anaerobe Entfärbung von Rest-Farbklotzflotten und Restdruckpa-sten	4.2.2.2.5

6 Zukunftsweisende Technologien

6.1 Einführung

Kapitel 6 gibt einen Überblick über Technologien zur Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, die sich zur Zeit noch in der Entwicklungsphase befinden und noch nicht in die Praxis umgesetzt wurden. Bei der Beschreibung der verschiedenen Technologien mussten folgende Einschränkungen hingenommen werden.

- Eine Einschätzung des gegenwärtigen Standes der Entwicklungen bzw. eine Angabe zum Zeitpunkt der kommerziellen Verfügbarkeit der Technologien ist in den meisten Fällen nicht möglich.
- Kostenabschätzungen zu den beschriebenen Technologien sind ebenfalls kaum möglich.
- Literaturhinweise zu öffentlich geförderten Forschungsarbeiten sind zahlreich vorhanden. Informationen über industrielle Eigenentwicklungen sind hingegen nur schwer zugänglich.

6.2 Neue Veredlungstechnologien

6.2.1 Enzymkatalysierte Veredlungsprozesse

Beschreibung

Enzyme sind Proteine, die als Biokatalysatoren durch Beeinflussung der Aktivierungsenergie die Reaktionsgeschwindigkeit chemischer Prozesse beschleunigen. Sie können mit Hilfe von Bakterien, Hefen und Pilzen erzeugt werden. In der Textilveredlung ist der Einsatz der folgenden Enzym-Typen denkbar:

- Amylasen (katalysieren die Hydrolyse von Stärke)
- Lipasen (katalysieren die Hydrolyse von Fetten)
- Pektinasen (katalysieren die Hydrolyse von Pektinen)
- Cellulasen (katalysieren die Hydrolyse von Cellulose)
- Proteasen (katalysieren die Hydrolyse von Proteinen)
- Oxidoreductasen (Katalasen, Laccasen; katalysieren die Oxidation oder Reduktion verschiedener chemischer Verbindungen)
- Xylanasen (Hemicellulasen; katalysieren die Hydrolyse von Xylanen (Hemi-Cellulose)).

In Tabelle 6.1 sind die wichtigsten enzymatischen Prozesse, die bereits in Textilveredlungsbetrieben angewandt werden oder sich noch in der Entwicklungsphase befinden, aufgeführt.

Faser	Prozess	Enzyme	Substrate	Technische Verfügbarkeit
Baumwolle	Entschlichten	Amylasen, Amyloglucosidasen	Stärke	Stand der Technik
	Wäsche (Abkochen)	Pektinasen	Baumwoll-Begleitsubstanzen	Verfügbar [Kahle, 2000]
	Wäsche (Abkochen)	Enzym-Mischung	Baumwoll-Begleitsubstanzen	Noch nicht verfügbar
	Bleichen	Laccasen, Glucoseoxidasen	Lignin, Farbstoffe, Glukose	Noch nicht verfügbar
	Abbau von Restperoxid nach dem Bleichen	Peroxidasen	H ₂ O ₂	Verfügbar
	Bio-polishing Bio-stoning	Cellulasen Cellulasen	Cellulose Cellulose	Verfügbar Verfügbar
Wolle	Wollwäsche	Lipasen	Lanolin	Noch nicht verfügbar
	Carbonisieren	Cellulasen	Cellulose	Noch nicht verfügbar
	Anti-Filzausrüstung	Spezielle Enzyme [Breier, 2000]	Wollfaser	Noch nicht verfügbar
Seide	Degummierung	Sericinasen	Sericin	Noch nicht verfügbar
Leinen	Weichen	Pektinesterasen	Leinen-Begleitsubstanzen	Noch nicht verfügbar
Jute	Bleichen, Weichmachen	Cellulasen, Xylanasen	Jute-Begleitsubstanzen	Noch nicht verfügbar

Tabelle 6.1: Enzymatische Prozesse in der Textilveredlung [Quand, 2000]

Einige enzymatische Anwendungen bei der Baumwollveredlung sind bereits Stand der Technik wie zum Beispiel das Entschlichten mittels Amylasen. Mit Hilfe von Cellulasen können einige Ausrüstungseffekte wie die Verringerung der Haarigkeit, die Reduzierung der Pill-Neigung, eine Griffverbesserung und Erhöhung des Glanzes erreicht werden. Auch Stonewash-Effekte können mit Cellulasen erreicht werden. Das enzymatische Abkochen und Bleichen ist noch in der Entwicklung [Opwis, 2000]. Für enzymatische Wäschen werden Mischungen von Cellulasen, Lipasen, Proteasen, Xylanasen, Pectinasen und Oxidoreductasen vorgeschlagen.

Auch für Wollfasern werden enzymatische Veredlungsprozesse entwickelt. Da Enzyme in die Wollfasern diffundieren, fokussieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung enzymatischer Systeme, die zur spezifischen Oberflächenmodifikation der Wollfasern führen. Schwerpunkte der Arbeiten sind die Verbesserung der Schrumpfeigenschaften, des Weich-Griffs, und der Anfärbbarkeit [GROWTH, 2000; AiF, 1997; DWI, 2001; DBU, 2000]. Ein besonderes Interesse gilt der enzymatischen Filzfrei-Ausrüstung. Die Filzfrei-Ausrüstung von Garnen und Kammzügen mit speziellen Enzymen ist bereits mehrfach beschrieben (Lanazym-Prozess) [Breier, 2000; DBU, 1998]. Die Waschbeständigkeit des Effektes muss jedoch noch optimiert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt bei der Entwicklung von enzymatischen Verfahren für die Textilveredlung bilden Arbeiten zu extremophilen Enzymen, die gegenüber niedrigen und hohen pH-Werten, hohen Salz- und Tensidkonzentrationen und Temperaturen zwischen 0 °C und 100 °C stabil sind. Die folgende Entwicklungsrichtungen werden eingeschlagen:

- Entwicklung von Proteasen, die bei Woll- und Seidefasern die Filz- und Knötchenbildung verhindern und die Anfärbbarkeit erhöhen
- Entwicklung alkalistabiler Pectinasen für die Baumwollvorbehandlung
- Entwicklung temperatur- und alkalistabiler Katalasen, die eine Restperoxid-Entfernung unter Einsparung von Spülbädern ermöglichen. Dadurch werden Wassereinsparungen realisiert [Quand, 2000].

Auf einem geeigneten Trägermaterial immobilisierte Enzyme weisen eine erhöhte Stabilität gegenüber Prozessparametern (pH und Temperatur) und gegenüber hemmenden Substanzen wie Tensiden sowie Schwankungen in der Substratkonzentration auf. Aufgrund der Enzymstabilisierung wird die Halbwertszeit der Enzyme erheblich verlängert; die Enzyme und Träger können leicht regeneriert werden. Eine kontinuierliche und stabile Prozessführung wird ermöglicht; die Abtrennung der Enzyme von den Produkten kann entfallen [Quand, 2000]. Eine prozessintegrierte Abwasserbehandlung (Abbau von Restperoxid nach dem Bleichen und Recycling der Bleichbäder) mit Hilfe immobilisierter Enzyme befindet sich in der Entwicklung [BRITE/EURAM, 2001].

Ein weiteres Interessenfeld der Entwicklungsarbeiten ist die synergistische Verknüpfung von enzymatischen Prozessen in der Baumwollvorbehandlung. Zum Beispiel kann Stärke (aus der Entschlichtung) mit Hilfe von Amylasen in Oligosaccharide und weitergehend mittels Amyloglucosidasen in Glucose umgewandelt werden. In einem weiteren Schritt wandeln Glucoseoxidasen die Glucose in Gluconsäure und in Wasserstoffperoxid um. Die Gluconsäure findet Anwendung als Komplexbildner; das Wasserstoffperoxid wird zum Bleichen verwendet [Opwis, 1999].

Da die zur Zeit eingesetzten Cellulasen in der Regel keine einheitlichen Produkte darstellen, ist die enzymatische Behandlung von Textilien oft mit Festigkeitsverlusten verbunden. Aus diesem Grund werden gentechnisch modifizierte maßgeschneiderte Cellulasen entwickelt, die einen kontrollierten Einsatz der Enzyme bei bereits eingeführten enzymatischen Verfahren erlauben und zusätzliche neue Ausrüstungseffekte ermöglichen [BRITE/EURAM, 1998].

Weiterhin wird der Einsatz von Enzymen als Vernetzungskatalysatoren bei der Reaktion von Cellulose mit verschiedenen Vernetzern, die in der Knitterfreiausrüstung angewandt werden, beschrieben [Esters, 1998].

Der Einsatz von Enzymen für synthetische Fasern wird in der Literatur nicht explizit erwähnt. In diesem Bereich wäre jedoch ein großes Anwendungspotenzial für enzymatische Prozesse gegeben. Bak-

terien, die Polyester und Polyamid mittels Polyesterasen und Polyamidasen abbauen sind bekannt [Stöhr, 1995].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Im Vergleich zu herkömmlichen Technologien bieten enzymatische Prozesse sowohl ökologische wie auch ökonomische Vorteile. Niedrigere Prozesstemperaturen führen zu Energieeinsparungen; die Verringerung von Spülschritten reduziert den Wasserverbrauch. Die Vermeidung bzw. Verminderung von umweltkritischen Einsatzstoffen kann erreicht werden. Ein weiterer Vorteil der Enzyme ist ihre biologische Abbaubarkeit. Enzyme können in katalytischen Mengen eingesetzt werden; die hohe Substratspezifität erlaubt „sanftere“ Prozessbedingungen im Vergleich zu herkömmlichen Technologien. Zum Teil ist es möglich die katalytisch wirkenden Enzyme wiederzuverwenden.

Cross media Effekte

Im Hinblick auf die Abwasserrelevanz und Verbraucherschutzthematik sollte die komplette Entfernung der Enzyme vom Textil bzw. die komplette biologische Abbaubarkeit der Enzyme sichergestellt sein.

Literatur

[AiF, 1997]

Photobleiche von Wolle durch Kombination von Corona-, Plasma- und Enzymbehandlungen

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF 9703)

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (1996/1997)

[Breier, 2000]

Breier, R.

Rein enzymatische Antifilzausrüstung von Wolle nach dem Lanazym-Verfahren

Melliand Textilberichte 81 (2000) 298-302

[BRITE/EURAM 1998]

Biofinishing of Cotton Fabrics with Cellulases

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: BRITE/EURAM 3, BRPR 950009 (1998)

[BRITE/EURAM, 2001]

Catalases for low water textile processes

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: BRITE/EURAM 3, BRPR 988004 (2001)

[DBU, 2000]

Biotechnologische Produkte für die Wollveredlung

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, D-Osnabrück, DBU 13003 (2000)

<http://www.dbu.de>

[DBU, 1998]

Filzfreiausrüstung von Wolle durch enzymatische Behandlung anstelle der klassischen Chlorierung und Harzbehandlung

Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland, D-Greiz

Projekt: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, D-Osnabrück, DBU 02509 (1998)

<http://www.dbu.de>

[DWI, 2001]

<http://www.dwi.rwth-aachen.de/gruppen/heine/enzym.html> (2001)

[Etters, 1998]

Etters, J.N.; Annis, P.A.

Textile Enzyme Use: A Developing Technology

American Dyestuff Reporter (1998) no. 5, 18-23

[GROWTH, 2000]

Enzymatic modification of wool

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: G1RD-00131 (2000-2003)

[Kahle, 2000]

Kahle, V.

Bioscouring mit Baylase EVO

Produktinformation, Bayer AG, D-Leverkusen (2000)

[Opwis, 1999]

Opwis, K.; Knittel, D.; Kele, A.; Schollmeyer, E.

Enzymatic recycling of starch-containing desizing liquors

Starch/Stärke, 51 (1999) 348-353

[Opwis, 2000]

Opwis, K.; Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Aspekte zu enzymatischen Verfahren in der Textilveredlung

Internationales avantex-Symposium, D-Frankfurt, November 2000

[Quand, 2000]

Quand, C.; Kühl, B.

Einsatzmöglichkeiten und Optimierung enzymatischer Prozesse in der Textilveredlung

Melliand Textilberichte, 81 (2000) 834-836

[Stöhr, 1995]

Stöhr, R.

Enzyme – Biokatalysatoren in der Textilveredlung

Melliand Textilberichte 76 (1995) 1010-1013

6.2.2 Plasmatechnologie

Beschreibung

Ein Plasma kann als teilionisiertes Gas charakterisiert werden. Mit anderen Worten enthält ein Plasma das zum Teil auch als "vierter Aggregatzustand" bezeichnet wird, Gase, die aufgrund der eingestrahlt hohen elektrischen Energie zerfallen sind. Atome, Radikale, Ionen und Elektronen sind Plasmabeestandteile. Charakteristisch für Niedertemperatur-Plasmen, die normalerweise bei der Oberflächenbehandlung eingesetzt werden, ist die hohe kinetische Energie (bzw. Temperatur) der Elektronen im Vergleich zur Temperatur des Gases. Die Elektronen des Plasmas können kovalente chemische Bindungen spalten. Daher ist eine physikalische und chemische Modifizierung der Oberfläche unterschiedlicher Substrate mit Niedertemperatur-Plasmen möglich. Die folgenden Plasmaoberflächenreaktionen sind möglich:

- Plasmaätzen (Abtragen von Verunreinigungen)
- Plasmamodifikation (Modifizierung der Funktionalität, z. B. Oxidation der Substratoberfläche)
- Plasmapolymerisation/pfropfung (Beschichtungsprozesse).

Zwei unterschiedliche Plasma-Typen werden zur Oberflächenbehandlung eingesetzt (siehe Tabelle 6.2)

- Coronaplasma
- Niederdruckplasma.

	Coronaplasma	Niederdruckplasma
Plasmaerzeugung	hohe Spannung (20 kV; 20-40 kHz) zwischen dielektrischen, beschichteten Elektroden	Gleichstrom oder Hochfrequenz (bis in den Mikrowellenbereich)
Druck	atmosphärischer Druck	Niederdruck (1 mbar)
Ausdehnung des Plasmas	30 µm (Mikroentladung)	Elektroden Durchmesser
Lebensdauer	1-10 ns	Permanent
Kontinuierliche Prozessführung	Einfach	Aufwendig

Tabelle 6.2: Vergleich zwischen Coronatechnologie und Niederdrucktechnologie

Die Plasmabehandlung kann sowohl auf natürlichen wie auf synthetischen Fasern erfolgen. Die folgenden möglichen Applikationsfelder werden in der Textilveredlung beschrieben:

- Vorbehandlung (Entfetten von Wolle, Entschlichten)
- Änderungen der Benetzbarkeit (hydrophile, hydrophobe Eigenschaften)
- Vorbehandlung für das Färben und Drucken (zunehmende Farbstoffaffinität, bessere Egalisierungseigenschaften, bessere Baderschöpfung)
- Schrumpf- und Filzfreiausrüstung (Wolle)
- Sterilisation (antibakterielle Ausrüstung)
- Erhöhung der Stabilität von Textilien gegenüber aggressiven Gasen und Flüssigkeiten
- Verbesserung der Faser-Matrix-Adhäsion bei Verbundwerkstoffen

Über eine Plasmabehandlung kann bei Wolle eine Filzfrei-Ausrüstung erfolgen. Die Methode ist sehr faserschonend. Die bei der herkömmlichen Filzfrei-Ausrüstung notwendige Chlorierung und der damit verbundene AOX-Eintrag in das Abwasser kann vermieden werden. Die Arbeiten auf diesem Gebiet sind vielversprechend und werden von der Industrie unterstützt [BMBF, 2000a; AiF, 2001; BRI-TE/EURAM, 1999; Rakowski, 1989; VDI 1995].

Verbesserte Netz- und Quelleigenschaften, Färbekinetik und Ausrüstungseffekte für Wolle, Baumwolle und andere cellulosische Fasern nach der Plasma-Vorbehandlung können zu beachtlichen Einsparungen an Farbstoffen und Textilhilfsmitteln führen [Ganssauge, 2000; AiF 2001; Fuchs, 1999; BMBF 2000b; BMBF 2000c]. Eine Plasmavorbehandlung von Wollwaren führt zu deutlichen Verbesserungen beim Druckprozess [Radetic, 2000; AiF, 1998].

Weitere Entwicklungsarbeiten befassen sich mit der Herstellung von diffusionsblockierenden Beschichtungen und der Verbesserung der Adhäsion zwischen Fasern und umgebender Matrix in Verbundwerkstoffen [AiF, 2001; INCO, 1999; GIRD, 2000; BMBF, 2000d].

Zwei Anlagen zur Plasmabehandlung von Textilien im großtechnischen Maßstab sind bekannt: Anlage KPR 180 aus Russland und die Plasmaanlage in D-Flöha [VDI, 1999] (siehe Abbildung 6.1).

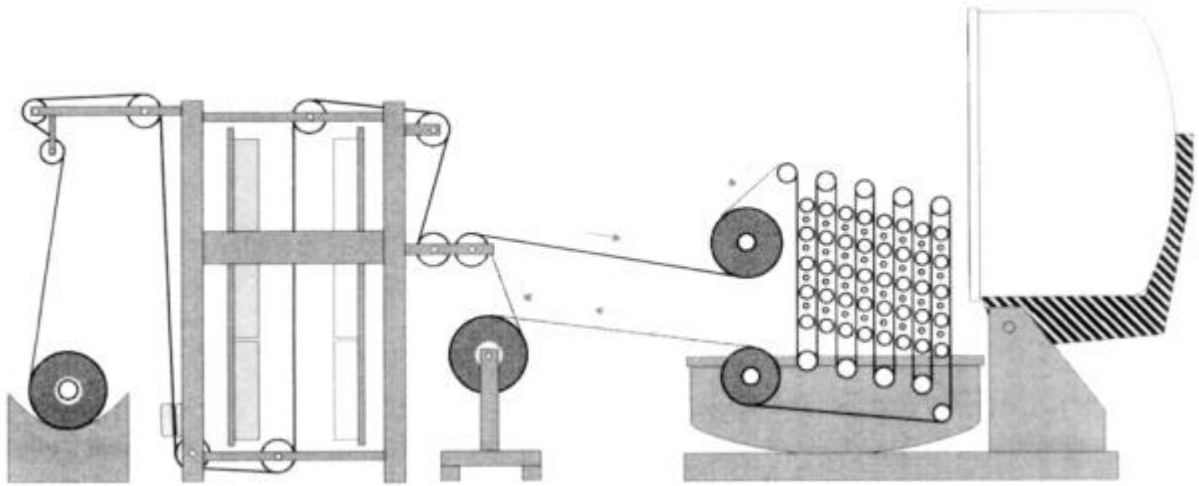


Abbildung 6.1: Anlage zur Plasmabehandlung in D-Flöha (IR-Trockner und Plasmakammer)

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die wesentlichen Vorteile der Plasmabehandlung liegen in den extrem kurzen Behandlungszeiten und niedrigen Anwendungstemperaturen; Wasser oder Lösemittel, bzw. Trocknungsschritte nach der Plasmaausrüstung entfallen. Die chemische und physikalische Modifizierung der textilen Oberflächen kann ohne Zugabe von Chemikalien oder im Vergleich zu herkömmlichen Veredlungsverfahren mit einer geringeren Menge an Chemikalien erreicht werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Vom technischen Standpunkt aus zeigt die Coronatechnologie Vorteile bzgl. einfacher Konstruktion und einfacher Bedienung. Ein fundamentaler Grund, warum die Niederdruck-Technologie im Bereich der Textilveredelungsindustrie noch nicht realisiert wurde, ist das benötigte Vakuum, welches eine sorgfältige Trocknung der Textilien voraussetzt. Das hohe Volumen der Textilien, der Feuchtigkeitsgehalt der Textilien (insbesondere bei natürlichen Fasern) und das Vorhandensein von restlichen Textilhilfsmitteln führen zu hohen Betriebskosten beim Evakuierungsschritt.

Literatur

[AiF, 1998]

Niederdruckplasmatechnologie in der Textilverbehandlung

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West, D-Krefeld

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 8928

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (1997/1998)

[AiF, 2001]

Verbesserte Gebrauchseigenschaften von Synthefasern durch plasmagestützte Polymerisation

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF 11298 (2001)

<http://www.dwi.rwth-aachen.de/publica/>

[AiF, 2001]

Veredlung von textilen Flächengebilden – Einfluss der Plasmabehandlung auf Prozessführung und Warenausfall

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF 10664 (2001)

<http://www.dwi.rwth-aachen.de/publica/>

[AiF, 2001]

Umweltfreundliche Antifilzausrüstung durch strahlenchemische Fixierung von Kollagenhydrolysaten auf plasmamodifizierter Wolle

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, AiF 10189 (2001)

<http://www.dwi.rwth-aachen.de/publica/>

[BMBF, 2000a]

Einfluss von Plasma und Harzbehandlung auf die Eigenschaften von Wolle

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Bundesministerium für Bildung und Forschung, D-Berlin

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[BMBF, 2000b]

Grundlagenuntersuchung zur Plasmabehandlung von Baumwoll-, Regeneratfaser- und Mischgeweben

Institut für Textilchemie, D-Denkendorf

Projekt: Bundesministerium für Bildung und Forschung D-Berlin, BMBF 13N6894

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[BMBF, 2000c]

Plasmabehandlung cellulosischer Fasermaterialien

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Chemnitz, Germany,

Projekt: Bundesministerium für Bildung und Forschung D-Berlin, BMBF 13N6964/9

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[BMBF, 2000d]

Plasmabehandlung technischer Textilien bei Atmosphärendruck

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Denkendorf

Projekt: Bundesministerium für Bildung und Forschung, D-Berlin, BMBF 13N7275/3

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[BRITE/EURAM, 1999]

Friendly environmental treatments textiles finishing – integration plasma technology productive system

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: BRPR 960336 (1999)

[Fuchs, 1999]

Fuchs, H; Bochmann, R.; Poll, H.U.; Schreiter, S.

Plasmabehandlung cellulosischer Fasermaterialien

Textilveredlung 5/6 (1999) 23-27

[Ganssaue, 2000]

Ganssaue, D.; Thomas, H.

Auswirkungen der Plasmabehandlung auf die Eigenschaften von Schurwollgeweben

Melliand Textilberichte (2000) 634-639

[G1RD, 2000]

Development of high-performance fabrics based on industrial cold plasma technology

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: G1RD-00234 (2000)

[INCO, 1999]

Combined chemical/cold plasma treatment for optimising nonwoven textile filter materials applied on gaseous and aqueous effluents

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt, INCO 35528 (1999)

[Radetic, 2000]

Radetic, M; Joci , D.; Jovan  , P.; Trajkovi , R.

The effect of low-temperature plasma pretreatment on wool printing

Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter 32 (2000) 55-59

[Rakowski, 1989]

Rakowski, W.

Melliand Textilberichte (1989) 780-785

[VDI, 1995]

Strategischer Dialog zur Plasmatechnologie, St. Augustin, 1995

Herausgeber: VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien, D-Düsseldorf

[VDI, 1999]

Workshop: Plasmaanwendungen in der Textilindustrie, Stuttgart, 4. März 1999

Herausgeber: VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien, D-Düsseldorf

6.2.3 Elektronenstrahlhärtung

Beschreibung

Die Elektronenstrahlhärtung kann zur Herstellung von Beschichtungen und Laminierungen sowie zu Pfropfcopolymerisationsreaktionen auf mit Monomeren oder Präpolymeren behandelten Textilien eingesetzt werden. Die Elektronenstrahlen lösen eine radikalinitiierte Polymerisation aus. Die Elektronenstrahlen werden durch hohe Spannungen (bis zu 180 kV) mittels einer Glühkathode erzeugt (Wolf-ramdraht) erzeugt.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

L semittelfreie Formulierungen können eingesetzt werden, Trocknungsprozesse können entfallen. Damit werden Abluftbelastungen vermieden.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten für eine Elektronenstrahlh rtungs-Anlage liegen bei schätzungsweise 0,5 - 0,75 Mio.   Die Einführung dieser Technik kann in den nächsten fünf Jahren realisiert werden, da sie in anderen Bereichen bereits etabliert ist [Clauß, 2001].

Literatur

[AiF, 1998]

Herstellung mikroporöser Textilbeschichtungen durch strahleninduzierte Härtung von Präpolymeren

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Stuttgart

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF10555 (1998)

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[AiF, 2001]

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Denkendorf

Einfluss der Herstellungsbedingungen auf die Struktur und Funktionalität neuartiger Textilbeschichtungen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 11927 (2001)

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[Clauß, 2001]

Cla , B.

Persönliche Mitteilung (2001)

6.2.4 Überkritisches Kohlendioxid

Beschreibung

Wenn man Flüssigkeiten und Gase unter Druck erhitzt, so geraten sie oberhalb ihrer jeweiligen kritischen Temperatur und ihres kritischen Drucks in den sogenannten überkritischen Zustand.

Überkritische Flüssigkeiten zeigen für organische Moleküle mit niedriger bis mittlerer Polarität interessante Löseeigenschaften. Zur Extraktion von Naturstoffen werden überkritische Flüssigkeiten bereits im Großmaßstab eingesetzt. Überkritisches Kohlendioxid besitzt ein sehr gutes Lösevermögen für hydrophobe Moleküle wie z. B. Dispersionsfarbstoffe, die für das Färben von Polyester eingesetzt werden [Knittel, 1993]. CO₂ ist ein nicht entflammbares, nicht explosives und nicht toxisches Gas. Die günstige Lage des kritischen Punktes im p-T Phasendiagramm ($p = 7,3858 \text{ MPa}$; $T = 304,20 \text{ °K}$) erhöht die Chancen für eine industrielle Anwendung.

Das Färben von Polyester in überkritischem Kohlendioxid ist die bisher am weitesten untersuchte Anwendung von überkritischem Kohlendioxid in der Textilveredlung. Der CO₂-Färbeprozess, mit Polyethylenterephthalat oder Polypropylen als Substrat wird unter isothermen und isobaren Bedingungen bei 120 °C und 300 bar durchgeführt. Die Färbezeit beträgt beim Färben von Garnspulen maximal eine Stunde. Um gute Wasch- und Reibechtheiten zu erhalten, muss überschüssiger Farbstoff, der im Färbemedium gelöst ist, am Ende der Färbung mittels überkritischem CO₂ extrahiert werden. Für den Spülprozess wird das beim Färben eingesetzte CO₂ komplett durch frisches CO₂ ausgetauscht [Bach, 1998].

Einige Additive in konventionellen Farbmitteln wie z. B. Dispergiermittel, Öle und Staubbindemittel beeinflussen den Übergang des Farbmittels vom überkritischem CO₂ in die Fasern stark. Daher müssen speziell entwickelte Farbmittel eingesetzt werden.

Hydrophobe Substanzen, wie z. B. Präparationen, sind in überkritischem CO₂ sehr gut löslich und werden daher beim Färben von den synthetischen Fasern extrahiert. Nach dem Färben werden diese Substanzen als Öltröpfchen abgeschieden. Um dieses Problem zu umgehen, muss das textile Material vor dem Färben mit überkritischem CO₂ extrahiert werden.

Farbstoffaufnahme und Echtheitseigenschaften von Textilien, die in überkritischem CO₂ gefärbt wurden, sind mit denen aus konventionellen Färbungen vergleichbar [Bach, 1998].

Das Färben in überkritischem Kohlendioxid ist in industriellem Maßstab für PES und PP bereits möglich wird aber nicht angewandt [Bach, 1996a; Bach, 1996b]. Industrielle Anlagen für das Färben in überkritischem CO₂ sind verfügbar [Uhde, 2001; DBU, 1998].

Entwicklungen zum Färben von Wolle, Polyamid und Baumwolle in überkritischem Kohlendioxid sind weniger fortgeschritten, da aufgrund des polaren Charakters der Farbstoffe das Lösevermögen im überkritischen Kohlendioxid unzureichend ist [Liao, 2000; BRITE/EURAM, 2000; Giessmann, 1999; AiF, 2000].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Das Färben in überkritischem Kohlendioxid ist mit den folgenden ökologischen Vorteilen verbunden

- Nahezu wasserfreie Prozessführung
- Nahezu keine Abluftemissionen
- Verzicht auf energieintensive Trocknungsschritte
- Verzicht oder Minimierung des Einsatzes von Egalisier- und Dispergiermitteln (beim Färben von PES können Carrier vermieden werden)
- Konzentrierte Farbstoffrückstände in Pulverform können wiederverwendet werden
- Recycling des Mediums (CO₂-Färbeflotte) ist möglich; es entstehen minimale CO₂-Verluste.

Wirtschaftliche Aspekte

Hohe Investitionskosten für die neuen Färbeaggregate stellen insbesondere beim Färben von Polyesterfasern, die in der Regel im Niedrigpreissegment angesiedelt sind, ein Hemmnis bei der Einführung der Technik dar.

Literatur

[AiF, 2000]

Färben von Wolle und PES/Wolle-Mischungen aus überkritischem CO₂

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 10187

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[Bach, 1996a]

Bach, E.; Cleve, E.; Schollmeyer, E.

Textilveredlung in überkritischen Medien

17. IFVTCC Kongress, Wien (05. – 07.06.1996) 206-207

[Bach, 1996b]

Bach, E.; Cleve, E.; Schollmeyer, E.

Dyeing of Polyethyleneterephthalate-fibers in Supercritical Carbon Dioxide

High pressure Chem. Engineering (ed.: Rohr, P.R.; Trepp, C.) Elsevier (1996) 581-586

[Bach, 1998]

Bach, E.; Cleve, E.; Schollmeyer, E.; Bork, M.; Körner, P.

Experience with the Uhde CO₂-dyeing plant on technical scale, Part 1:

Optimization steps of the pilot plant and first dyeing results

Melliand Textilberichte 79 (1998) 192-194

[BRITE/EURAM, 2000]

New clean process for textile dyeing – supercritical fluid dyeing system avoiding effluents and leading to energy and water savings

<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt: BRITE/EURAM 3 BRPR 960252

[DBU, 1998]

Anlagen zur Färbung von Flächengebilden aus Synthesefasern in Stück-, Strang- und anderen Aufmachungsformen in überkritischem Kohlendioxid

Jasper Maschinen und Apparatebau, D-Velen

Projekt: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, D-Osnabrück, DBU 00649 (1998)

<http://www.dbu.de>

[Giessmann, 1999]

Giessmann, D.; Schäfer, K.; Höcker, H.

Färben aus überkritischem CO₂ von Wolle und PES/Wolle-Mischungen

Textilveredlung 11,12 (1999) 12-19

[Knittel, 1993]

Knittel, D.; Saus, W.; Schollmeyer, E.

Application of Supercritical Carbon Dioxide in Textile Finishing

J. Text. Inst. 84 (1993) 534-552

[Liao, 2000]

Liao, S.K.; Ho, Y.C.; Chang, P.S.

Dyeing of nylon 6.6 with a disperse-reactive dye using supercritical carbon dioxide as the transport medium

J. Soc. Dyers and Colorists 116 (2000) 403-407

[Uhde, 2001]
Uhde Hochdrucktechnik, D-Hagen
Persönliche Mitteilung (2001)

6.2.5 Ultraschallbehandlung

Beschreibung

Ultraschallwellen sind durch eine Frequenz über 16.000 kHz charakterisiert. Ultraschall wird über die Piezoelektrizität von Schwingquartzen erzeugt. Durch die Ultraschallbehandlung von Flüssigkeiten erhöht sich die Diffusionsrate und Relativgeschwindigkeit der Teilchen; Kavitäten werden erzeugt.

Der Eintrag von Ultraschall-Energie in ein Färbebad hat homogenisierende und dispergierende Wirkung auf Farbstoffe und Textilhilfsmittel. Zusätzlich wird das Entlüften der Flotte und der Ware gefördert. Bei der Färbung von Wolle, CO, PA, PAC, Wolle/PES Mischungen wird eine erhöhte Baderschöpfung sowie erhöhte Egalisierereigenschaften beobachtet. Auch beim Bleichen wird durch den Einsatz der Ultraschall-Technologie eine höhere Effizienz erreicht. Weiterhin fördert die Ultraschallbehandlung die Ablösung von lipidischen und mineralischen Stoffen bei Waschprozessen [AiF, 2000a; AiF, 2000b; AiF, 1999]. Der Einbau von Ultraschall-Aggregaten in bestehende Anlagen ist möglich.

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die wesentlichen ökologischen Vorteile der Ultraschallbehandlung sind

- niedrigere Prozesstemperaturen (Energieeinsparung),
- kürzere Prozesszeiten (Energieeinsparung)
- und die Minimierung des Textilhilfsmittelverbrauchs.

Literatur

[AiF, 1999]

Ultraschall in der Wollfärbung

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 10187

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (1998/1999)

[AiF, 2000a]

Einsatz von Ultraschall in der oxidativen Bleiche von Wolle

Deutsches Wollforschungsinstitut, D-Aachen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 11299

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

[AiF, 2000b]

Minimierung des Restbegleitstoffgehaltes technischer Textilien durch die ultraschallgestützte Industriewäsche

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Denkendorf

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 11081

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (2000)

6.2.6 Textildruck

6.2.6.1 Ink-Jet-Druck

Beschreibung

Das Funktionsprinzip des textilen Ink-Jet-Druck entspricht dem eines Ink-Jet Papierdruckers. Diese berührungsfreie, digitale Drucktechnologie verringert den Zeitaufwand für die Produktentwicklung und die Produktionszeiten bei gleichzeitig hoher Flexibilität erheblich. Dies ist insbesondere bei Mustern von großem Vorteil.

Beim Ink-Jet-Druck werden Designinformationen, d. h. Farbtyp und Farbposition auf dem Textil, digital erfasst und dem Drucksystem digital zugeführt. Das Übertragen des Musters auf das Substrat erfolgt berührungsfrei mittels einer Vielzahl von Tintentropfen (Tropfenvolumen: 1×10^{-12} l) aus dem Druckkopf. Mehrere Tropfen einer Farbe bilden einen Tintenpunkt („dot“). Ein Rasterprogramm legt diese dots nach einem Ordnungsprinzip über- bzw. nebeneinander und erzeugt so Farbton, Farbstärke sowie das Muster.

Zwei verschiedene Technologien sind möglich: die kontinuierliche Ink-Jet-Methode und die Drop on demand –Technik (siehe Abbildung 6.2.)

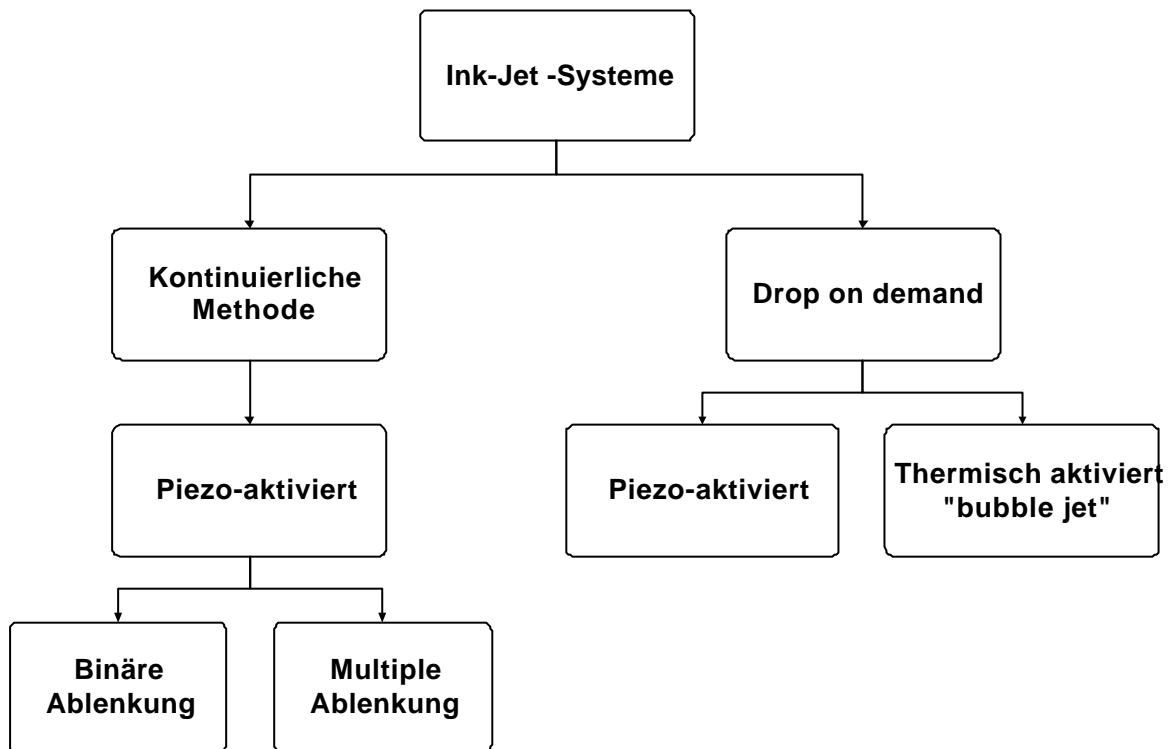


Abbildung 6.2: Ink-Jet-Technologien

Kontinuierliche Methode (siehe Abbildung 6.3):

Die Tropfen werden kontinuierlich erzeugt. Die Tinte wird durch feine Düsen gepresst, der Strom mittels Piezokristallen in kleinste Tröpfchen zerlegt. Anschließend werden die Tröpfchen elektrostatisch aufgeladen und im elektrischen Feld abgelenkt. Zum Druck werden entweder die ungeladenen Tropfen (binäre Methode) oder die geladenen Tropfen (multiple Ablenkung) benutzt. Die nicht zum Druckvorgang kommenden Tropfen werden gesammelt und dem Tinten-Kreislauf wieder zugeführt.

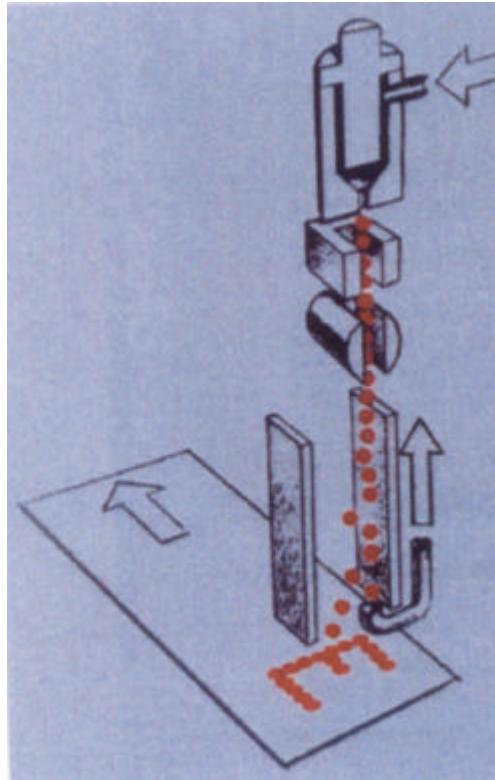


Abbildung 6.3: Kontinuierliche Ink-Jet-Technologie [Blanck, 2001]

Drop on demand

Die Tropfen werden nur auf Anforderung entweder mittels elektromechanischer Impulse (Piezokristalle) oder thermisch (Bubble jet-Technologie) erzeugt.

Typische Prozessschritte beim Ink-Jet-Druck sind in Abbildung 6.4 dargestellt.

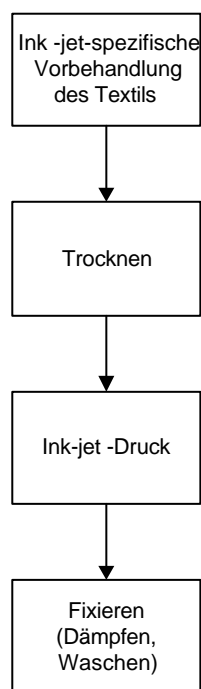


Abbildung 6.4: Typische Prozessschritte beim Ink Jet-Druck

Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit der Entwicklung optimierter Tinten [Winckelbeiner, 1998; Ciba, 2001; Siegel, 1998; Mheidle, 1998].

Reaktiv-, Säure- und Dispersionsfarbstoffe so wie Pigmente können beim Ink-Jet-Druck eingesetzt werden. Die Anforderungen an die Farbstoffe beim Ink-Jet-Druck sind aufgrund der sensiblen Mikro-technik sehr hoch. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- Reinheit
- Tropfengröße
- Viskosität
- Oberflächenspannung
- Leitfähigkeit
- chemische/physikalische Stabilität
- thermophysikalische Eigenschaften
- pH-Wert
- Schaumfreiheit
- Echtheitsniveau
- Farbstärke.

Zur Zeit werden Ink-Jet-Methoden nur zum Teppich-Druck, beim Bemustern und zur Produktion kleiner Mengen angewendet (Partien bis zu 100 - 200 m z.B. beim Bedrucken von Flaggen). Beim Teppichdruck ist ein geringerer Auflösungsgrad und eine niedrigere Geschwindigkeit erforderlich. Die Systeme arbeiten mit 10 - 20 dpi. Anlagen werden von folgenden Herstellern geliefert:

- Millitron (Milliken, USA)
- Chromotronic- and Chromojet (Zimmer, Österreich)
- Titan MK IV Printer (Godfrey Hirst, Österreich).

Neuere Entwicklung kommen von der British Textile Technology Group und wurden vom amerikanischen Teppichproduzenten Durkan, Dalton in Lizenz übernommen [Stefanini, 1997].

Für andere Anwendungen sind höhere Auflösungen (100 – 700 dpi) und eine höhere Produktionsgeschwindigkeit notwendig. Daher ist die Anwendbarkeit zur Zeit auf auf kleine Metragen und Bemusterungen limitiert.

Auf der ITMA Handelsmesse 1999 in Paris stellten die folgenden Firmen zum Ink-Jet-Druck aus:

- Arioli, I-Gerenzano
- Mitter MMB, D-Hövelhof
- Optotex, D-Wolfegg
- Perfecta Schmid, CH-Rorschach
- Shima Seiki, J-Wakayama
- Sophis Systems, B-Wevelgem
- Stork, NL-Boxmeer
- Tecnorama, I-Prato
- Zimmer, A-Kufstein

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die wesentlichen ökologischen Vorteile sind:

- Durch das indirekte Drucksystem kann auf Druckschablonen verzichtet werden
- Auf Verdicker kann komplett verzichtet werden oder deren Einsatzmenge kann minimiert werden
- Eine kleine Farbstoffpalette ist ausreichend
- Signifikante Reduktion des Wasserverbrauchs (Waschen von Druckwerkzeugen ist nicht notwendig)

- Im Vergleich zum herkömmlichen Druck, bei dem Restdruckpasten anfallen, entstehen praktisch keine Restflotten
- Energieeinsparungen.

Wirtschaftliche Aspekte

Durch die hohe Flexibilität und kurze Reaktionszeiten sowie das schablonenlose Drucksystem (keine aufwendigen Gravurarbeiten) entstehen Kostenvorteile insbesondere bei der Bemusterung.

Literatur

[Blank, 2001]

Blank, K.H.

Werk Höchst, Business Unit Spezialfarbstoffe, Frankfurt

Produktinformation (2001)

[Ciba, 2001]

Anonymous (Ciba Spezialitätenchemie, CH-Basel

Neues „Soft“ Pigment Drucktintensortiment

Melliand Textilberichte (2001) 77

[Mheidle, 1998]

Mheidle, M.

Integration of ink jet textile printing technology

American Dyestuff Reporter (1998) 22-23

[Siegel, 1998]

Siegel, B.; Siemensmeyer, K.; Dorer, M.

Digitaler Druck – Der nächste Schritt im Transferdruckverfahren

International Textile Bulletin, 44/2, (1998) 85-87

[Stefanini, 1997]

Stefanini, J.P.

Ink-Jet Technologie im Textildruck

Melliand Textilberichte (1997) 168-174

[Winckelbeiner, 1998]

Winckelbeiner, S.

Digitalisierung und Automation des Textildruckes – die Chance für die Branche

International Textile Bulletin Vol. 44/6 (1998) 74-76

6.2.7 Elektrochemisches Färben

Beschreibung

Küpenfarbstoffe (einschließlich Indigo) und Schwefelfarbstoffe nehmen einen großen Teil des Farbstoffmarktes für cellulosische Fasern ein. Neben ihren bekannten Vorteilen ist die Applikation dieser Farbstoffklassen aufwendig, da ein Reduktionsschritt notwendig ist, um die Farbstoffe in die wasserlösliche Form, die die Substantivität zu cellulosischen Fasern aufweist, zu überführen. Es kommen schwefelhaltige Reduktionsmittel mit Nachteilen hinsichtlich Wassertoxizität, Lagersicherheit und Arbeitsplatzbedingungen zum Einsatz. Die Fixierung der Farbstoffe (Reoxidation) wird durch Oxidationsmittel erreicht.

Der Reduktionsschritt kann auch über elektrochemische Verfahren durchgeführt werden. Man unterscheidet zwischen der direkten und indirekten Elektrolyse. Im Gegensatz zur direkten Elektrolyse, bei der der Farbstoff auf der Kathodenoberfläche reduziert wird, werden bei der indirekten Elektrolyse die aus der Kathode austretenden Elektronen über ein lösliches, reversibles Redoxsystem (Mediatoren z. B. auf Basis einer Antrachinon-Chemie oder Eisenkomplexen) auf die Farbstoffe übertragen. Das reversible Redoxsystem wird kontinuierlich an der Kathode regeneriert. Die Färbegradrückgewinnung

einschließlich der Mediatoren ist möglich. Ein weiterer Vorteil der indirekten Farbstoffreduktion ist, dass die Reduktionsbedingungen im Farbbad kontrolliert eingestellt werden können. Für Schwefelfarbstoffe ist die direkte kathodische Reduktion in einer elektrochemischen Zelle möglich [Schrott, 2000]. Küpenfarbstoffe und Indigo können durch Mediatoren reduziert werden [Bechtold, 1991; Bechtold, 1994; Bechtold, 1997a; Bechtold, 1997b].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Im Vergleich zum konventionellen Färben, wo ein Überschuss an schwefelhaltigen Reduktionschemikalien notwendig ist, um sicher zu stellen, dass die Küpenfarbstoffe während des ganzen Färbeprozesses in ihrer reduzierten Form bestehen bleiben, arbeitet das elektrochemische Färben entweder ohne chemische Reduktionsmittel (direkte Elektrolyse) oder mit wiederverwendbaren Mediatoren (indirekte Elektrolyse). Das Recycling des Mediatorsystems und der Färbeflotte ist möglich. Die Abwasserbelastungen sind im Vergleich zu konventionellen Küpenfärbungen deutlich reduziert. Außerdem werden Geruchsbelästigungen durch schwefelhaltige Reduktionsmittel vermieden.

Wirtschaftliche Aspekte

Signifikante Einsparungen im Chemikalien- und Wasserverbrauch und eine erhöhte Prozesssicherheit führen zu Kostenersparnissen.

Literature

[Bechtold, 1991]

Bechtold, T.; Burtscher, E.; Gmeiner, D.; Bobleter, O.
Untersuchungen zur elektrochemischen Reduktion von Farbstoffen
Melliand Textilberichte (1991) 50-54

[Bechtold, 1994]

Bechtold, T.; Burtscher, E.; Turcanu, A.; Bobleter, O.
The reduction of vat dyes by indirect electrolysis
J. Soc. Dyers and Colorists 110 (1994) 14-19

[Bechtold, 1997a]

Bechtold, T.; Burtscher, E.; Kühnel, G.; Bobleter, O.
Electrochemical reduction process in indigo dyeing
J. Soc. Dyers and Colorists 113 (1997) 12-21

[Bechtold, 1997b]

Bechtold, T.; Turcanu, A.; Burtscher, E.; Bobleter, O.
Schwefelfarbstoffe in der Ausziehfärberei – Reduktion durch indirekte Elektrolyse
Textilveredlung 32 (1997) 204-209

[Schrott, 2000]

Schrott, W.
Innovationen bei Textilfarbstoffen auf Basis des integrierten Umweltschutzes
20. Fortbildungsseminar – VTCC und VdF, D-Bad-Säckingen, March 2000

6.3 Alternative Textilhilfsmittel

Beschreibung

Als Ersatz für herkömmliche Komplexbildner wird die Polyasparaginsäure untersucht.

Das Produkt ist biologisch abbaubar und hat kein Potential, toxische Schwermetalle zu remobilisieren [Knittel, 1998].

Polycarbonsäuren sind eine Alternative für Vernetzer, basierend auf N-Methylol-Verbindungen, die Formaldehyd emittieren können. [Schramm, 2000]. Beste Ergebnisse wurden mit 1, 2, 3, 4-Butantetracarbonsäure und Natriumphosphinaten als Katalysator erreicht. Um die Kosten zu reduzieren, wird die Substitution der Butantetracarbonsäure durch Citronensäure getestet. An der Entwicklung eines phosphorfreen Katalysators wird gearbeitet.

Durch Permanentfixierung sogenannter supramolekularer Verbindungen wie Cyclodextrin und Azakronenether-Derivaten auf Baumwolle und Baumwollmischungen können verschiedene Funktionalitäten eingestellt werden. [Denter, 1998; AiF, 1998]. Beide Substanzen sind toxikologisch und ökologisch unbedenklich. Die Hohlräume der supramolekularen Verbindungen können mit unterschiedlichen Substanzen beladen werden. Umweltfreundliche Ausrüstungseffekte sind möglich.

Literatur

[AiF, 1998]

Funktionelle Polymere durch Oberflächenmodifikation mit supramolekularen Verbindungen

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West, D-Krefeld

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 9696 and 10955

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (1997/1998)

[Denter, 1998]

Denter, U.; Buschmann, H.J.; Schollmeyer, E.

Modifizierung von Faseroberflächen durch permanente Fixierung supramolekularer Komponenten, Teil 3: Azakronenether

Angew. Makromol. Chem. 258 (1998) 87-91

[Knittel, 1998]

Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Polyasparaginsäure (PAS) – Phosphonatersatz und Dispergiermittel?

Melliand Textilberichte (1998) 732-736

[Schramm, 2000]

Schramm, C.

Formaldehydfreie Hochveredlung mit Polycarbonsäuren

Textilveredlung 5,6 (2000) 16-21

6.4 Biopolymere – Chitosan

Beschreibung

Neben Cellulose ist Chitin, die Hauptstrukturkomponente von Krustentieren (Krabben, Hummer etc.) und Insekten, das zweithäufigste Biopolymer. Zunehmende Bedeutung erlangt das deacetylierte Derivat Chitosan, das aufgrund der besseren Löslichkeit in Wasser einfacher zu handhaben ist. Vielfältige Anwendungspotenziale für das Biopolymer Chitosan oder seiner Derivate sind in der Textilveredlung aufgrund der wundheilenden, sterilisierenden und komplexierenden Eigenschaften möglich. Chitosan ist nicht allergen, nicht toxisch und biologisch abbaubar.

Ein permanenter antimikrobieller Effekt kann durch die Zumischung von 10 % Chitosanfasern zu Baumwolle (Mischgarn) erreicht werden [Knobelsdorf, 2000]. Der antimikrobielle Effekt kann auch durch Aufsprühen von Chitosanlösungen auf Vliese erreicht werden. Im Vergleich zu herkömmlich eingesetzten Antimikrobiotika ist Chitosan hinsichtlich der Human- und Ökotoxizität unbedenklich.

Kationisch modifizierte Derivate von Chitosan können in der Nachbehandlung von Direktfärbungen eingesetzt werden um Echtheitseigenschaften zu verbessern [Knittel, 1999].

Desweiteren erhöht Chitosan die Farbstoffaufnahme, agiert als Weichmacher und Bindemittel für Vliese und kann als Additiv in Schlichten eingesetzt werden. Es ist auch für die Abwasserbehandlung interessant (siehe Kapitel 6.5) [Knittel, 1998]. Der Zusatz von Chitosan in Reaktivdruckpasten ermöglicht eine Verringerung des Harnstoffzusatzes [Bahmani, 2000; DBU, 1998; Knittel, 1996]

Auch bei weiteren Biopolymeren, wie Dextrinen, Alginaten und Pektinen wird die Permanentfixierung auf der Faser untersucht; vielfältige Veredlungseffekte sind möglich. [Knittel, 2000].

Quantifizierung/Qualifizierung des Umweltnutzens

Die Hauptvorteile beim Einsatz von Chitosan und anderer Biopolymere liegen in der biologischen Abbaubarkeit und Nachhaltigkeit der Produkte.

Literatur

[Bahmani, 2000]

Bahmani, S.A.; East, C.; Holme, I.

The application of chitosan in pigment printing

Journal Soc. Dyers and Colorists 116 (2000) 94-99

[DBU, 1998]

Entwicklung einer Textildruckpaste auf der Basis nachwachsender Rohstoffe

KATALYSE, Institut für angewandte Umweltforschung D- Köln

Projekt: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, D-Osnabrück, DBU 07327/01 (2000)

<http://www.dbu.de>

[Knittel, 1996]

Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Beiträge zum Reaktivdruck – Substitution von Harnstoff

Textilveredlung 31 (1996) 153-157

[Knittel, 1998]

Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Chitosan und seine Derivate für die Textilveredlung. Teil1: Ausgangsposition

Textilveredlung 3,4 (1998) 67-71

[Knittel, 1999]

Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Chitin und seine Derivate für die Textilveredlung

Textilveredlung 3,4 (1999) 19-21

[Knittel, 2000]

Knittel, D.; Schollmeyer, E.

Funktionalisierung von Fasern mit dünnen Schichten aus Biopolymeren 3. Teil

Textilveredlung 11,12 (2000) 29-30

[Knobelsdorf, 2000]
Knobelsdorf, C.; Mieck, K.P.
Hygienisch wirkende Garne durch den Einsatz von Chitosanfasern
Textilveredlung 7,8 (2000) 10-14

6.5 Prozesskontrolle

6.5.1 Fuzzy-Logik

Beschreibung

Signifikante Verbesserungen hinsichtlich der Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit von Prozessen erwachsen aus der Anwendung der Fuzzy-Logik und neuronaler Netzwerke. Expertensysteme, basierend auf selbstlernenden Software-Systemen, die selbst ihr Wissen durch Algorithmen erweitern, sind für Textilveredlungsprozesse in der Entwicklung. Die Flexibilität in der Produktion kann erhöht werden, Produktionssteigerungen sind möglich. Aufgrund der besserer Prozesskontrolle kann der Eintrag von Umweltlasten verringert werden. Ein Problem für die Einführung software-basierender Experten-Systeme ist zur Zeit noch die Verfügbarkeit zuverlässiger Datenbanken. Folgende Forschungsaktivitäten sind bekannt:

Schlichtprozess

Ein Experten System, das alle Informationen zu den Parametern beim Schlichten einschließt, wurde entwickelt. Durch die Wahl des bestmöglichen Schlichtemittels, der Einstellung des geeigneten Beschlichtungsgrades und der optimalen Konfiguration an der Schlichtmaschine kann der Schlichtemittel- und Energieverbrauch reduziert werden und die Produktivität in der Weberei gesteigert werden. Dies führt zu Kostenersparnissen und einer höheren Qualität der produzierten Kettgarne [BRITE/EURAM, 2000].

Kondensation von Vernetzern

Der entscheidende Punkt bei Vernetzer-Reaktionen in wässrigen Systemen ist die Bestimmung der Restfeuchte der Ware nach der Kondensation. Die automatische fuzzy-kontrollierte Steuerung ermöglicht einen definierten und konstanten Restfeuchtegehalt, was zu optimierten Prozesszeiten, höherer Produktqualität und Energieeinsparungen führt [Zschenderlein, 1999].

Literatur

[BRITE/EURAM, 2000]
Development of a self-learning expert system to increase flexibility, weaving efficiency and to reduce water pollution in textile industry
<http://dbs.cordis.lu>. EU-Projekt:BRITE-EURAM 3 BRST 985163 (1998-2000)

[Zschenderlein, 1999]
Zschenderlein, D.; Mensak, B.
Optimierung der Hochveredlung auf Spann-Trocken-Fixiermaschinen mit der Fuzzy-Regelung
Melliand Textilberichte (1999) 944-949

6.5.2 Online-Messung- und Regelung

Beschreibung

Gegenwärtig werden in der Textilveredlung selten on-line Messungen zur Prozess- bzw. Produktkontrolle durchgeführt. Daher müssen entweder Qualitätsabweichungen akzeptiert werden oder es muss nachgearbeitet werden. Die Online-Messung und -Steuerung von Prozessen kann die Prozesssicherheit deutlich erhöhen und die Anzahl an Nacharbeiten verringern. Entwicklungsarbeiten zu den folgenden Bereichen sind bekannt:

Beschichtung

Die Kontrolle von Beschichtungsprozessen kann durch die Bestimmung des Vernetzungs- bzw. Gelierungszustandes mittels photothermischer Infrarot-Radiometrie erfolgen. Die Bestimmung des Kondensations- bzw. Vernetzungsgrades des Beschichtungsmittels wird über die online-Messung der Wärmeleitfähigkeit, die vom Lösemittelgehalt und Vernetzungsgrad abhängt gemessen. Die Verweilzeit und Kondensationstemperatur können optimiert werden; dadurch sind Energieeinsparungen möglich [Bahners, 1999].

Färben

Die CSB-Konzentration (und damit indirekt die Farbstoffkonzentration) in Wasch- und Spülbädern von diskontinuierlichen Färbeprozessen kann online mittels spezifischer Sensoren gemessen werden. Ist ein quasi-stationärer Zustand erreicht, in dem die Farbstoffkonzentration im Spülbad vernachlässigbar gering ist, wird der Spülprozess automatisch gestoppt. Dies führt zu beachtlichen Energie- und Wassereinsparungen [Rieker, 1999].

Färben und Bleichen

Mittels eines spezifischen amperometrischen Sensors kann die Restkonzentration von reduzierenden oder oxidierenden Mitteln auf der Ware online kontrolliert werden. Zum Beispiel kann die Vollständigkeit der Peroxid-Entfernung nach dem Bleichen oder die Konzentration an Reduktionsmitteln beim Küpenfärben gemessen werden. Ein Überschuss an Oxidations- bzw. Reduktionsmitteln kann dadurch vermieden werden [AIF, 1999].

Färben mit Küpenfarbstoffen

Durch eine online-Kontrolle des Redoxpotenzials kann der Spülprozess zur Entfernung des Reduktionsmittels nach dem Färben rechtzeitig gestoppt werden. Der Wasserverbrauch kann in Abhängigkeit der Farbtiefe eingestellt und damit minimiert werden [Schrott, 2000].

Farbstoffaufnahme

Eine gleichbleibende Färbeflottenkonzentration bei Auftragsverfahren und die Messung/Steuerung des Aufziehverhaltens bei Ausziehverfahren ist für die Qualität der Färbungen von entscheidender Bedeutung. Mittels gepulster, direkter Photoakustik kann die Farbstoffkonzentration für wasserlösliche oder wasserunlösliche (dispergierte) Farbstoffe on-line im Färbebad bzw. der Färbeflotte kontrolliert werden. Zeit- und ressourcenintensive Nacharbeiten können vermieden werden [Schloßer, 1997].

Literatur

[AIF, 1999]

Sensorentwicklung zur Messung von redoxaktiven Substanzen an laufenden Warenbahnen

Projekt: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF 10564

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West, D-Krefeld

Textilforschung, Bericht des Forschungskuratoriums Textil e.V., D-Eschborn (1998/1999)

[Bahners, 1999]

Bahners, T.; Schlosser, U.; Gebert, B.; Schollmeyer, E.

Beschichtungspolymere – Charakterisierung ihrer thermischen Stabilisierung mittels photothermischer Infrarot-Radiometrie

Textilveredlung 1,2 (1999) 35-40

[Rieker, 1999]

Rieker, J.; Guschlbauer, T.

Wasch- und Spülprozesse – Automatische Steuerung mittels neuer Sensorik

Textilveredlung 9,10 (1999) 4-12

[Schloßer, 1997]

Schloßer, U.; Bahners, T.; Schollmeyer, E.

Konzentrationsmessung an lichtstreuenden Färbeflotten mit der direkten, gepulsten Photoakustik
Melliand Textilberichte (1997) 622-625

[Schrott, 2000]

W. Schrott, BASF AG

Redox-potential controlled dyeing with proVat plus

20. Fortbildungsseminar – VTCC und VdF, D-Bad-Säckingen, March 2000

6.6 Abwasseraufbereitung

Beschreibung

Farbstoffeliminierung mittels Cucurbituril

Mit Cucurbituril, das auf ein Trägermaterial aufgebracht wird, können Farbflotten entfärbt werden [Buschmann, 1998]. Die makrocyclischen Cucurbituril-Moleküle besitzen Hohlräume, in die hydrophobe Moleküle oder Teile von ihnen eingeschlossen werden können. Eliminierungsraten zwischen 75 – 99% für unterschiedliche Farbstofftypen können erreicht werden [Buschmann, 1996]. Die Wiederverwendung des entfärbten Abwassers wird möglich. Nach dem Einschluss der Farbstoffmoleküle muss als nächster Schritt der Abbau oder eine weitere Aufkonzentration der Farbstoffe erfolgen. Es ist möglich das Cucurbituril zurückzugewinnen. Tenside können die Eliminierungsrate reduzieren, da sie ebenfalls im Cucurbituril eingekapselt werden.

Adsorption

Gelöste Substanzen können chemisch oder physikalisch auf der Oberfläche von Adsorptionsmittel gebunden werden. Als Ersatz für Aktivkohle können auch mit dem Biopolymer Chitosan Farbstoffe adsorbiert werden [Bhavani, 1999]. Untersuchungen hinsichtlich den optimalen pH-Bedingungen und der Adsorptionszeit für Direkt- und Reaktivfarbstoffe sowie Pigmente führen zu Entfärbungsraten von bis zu 95 %. Die Regenerierung des Adsorbens (Chitosan) und der Farbstoffe ist möglich.

Literatur

[Bhavani, 1999]

Bhavani, K.D.; Dutta, P.K.

Physico-Chemical Adsorption Properties on Chitosan for Dyehouse Effluent
American Dyestuff Reporter (1999) 53-58

[Buschmann, 1996]

Buschmann, H.J.; Schollmeyer, E.

The selective removal of dyes from waste water
European Water Pollution Control 6 (1996) 21

[Buschmann, 1998]

Buschmann, H.J.; Schollmeyer, E.

Die Entfärbung von textilem Abwasser durch Bildung von Farbstoffeinschlussverbindungen
Textilveredlung 3,4 (1998) 44-47

6.7 Managementmethoden

Beschreibung

Gegenwärtig gewinnen Managementwerkzeuge wie z. B. das Stoff- und Energieflussmanagement und das Informations/Kommunikationsmanagement entlang von Wertschöpfungsketten, zunehmend an Bedeutung um die Produktivität aber auch die Umweltleistung der Betriebe zu erhöhen.

Die Berücksichtigung der Umweltrelevanz bereits in der Produktentwicklungsphase durch einen engen Kontakt entlang der gesamten textilen Kette mittels moderner Informations- und Kommunikationstechniken wird im EU-Forschungsvorhaben „VIRTEX“ dargestellt [BRITE/EURAM, 2001]. Auf der Basis von Ökobilanzierungen nach ISO 14040 werden umweltrelevante Prozesse identifiziert und quantifiziert. Eine Datenbank stellt während der Entwicklungsphase von textilen Produkten Informationen zu den Produkten und Prozessen zusammen. Auch Umwelt- und Verbraucherschutzaspekte werden in der Datenbank berücksichtigt.

Neben den bekannten Qualitäts- und Umweltmanagement-Systemen wie EN ISO 9000 ff, EN ISO 14001, EMAS, und Ökolabeln (Ökotex 100, EU-ecolabel) entsteht gegenwärtig ein neues integriertes Umweltmanagementkonzept. Das blue-sign-Konzept stellt ein ganzheitliches, interdisziplinäres und globales Netzwerk entlang der gesamten textilen Wertschöpfungskette dar; auch die chemische Zuliefererindustrie wird in das System mit eingebunden [bluesign, 2001; Hübner, 2001]. Ziel ist eine umweltfreundliche, ressourcenschonende Produktion entlang der gesamten textilen Kette und ihrer Zulieferer, die Vermeidung umweltkritischer Stoffe bereits in der Entwicklungsphase und die Berücksichtigung eines umfassenden Verbraucherschutzes.

Literatur

[bluesign, 2001]

www.bluesign-tech.ch

[BRITE/EURAM, 2001]

EU-Projekt, BRITE EURAM, BE 96 3470

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, D-Denkendorf. Personal information on VIRTEX (2001)

[Hübner, 2001]

Hübner, H.J.

Hochtechnologie-Stoffe: Innovationen mit Dominoeffekt für die ganze Textilbranche

Textilveredlung 1,2 (2001) 4-7

Anhang I Art und Menge chemischer Stoffe, die bei den der Textilveredlung vorgelagerten Prozessen auf die Fasern aufgebracht werden

1 Vorbemerkung

Dieser Anhang unterbreitet Informationen zu denjenigen Textilhilfsmitteln und Chemikalien, die auf Synthesefasern im Laufe ihrer Herstellung und Verarbeitung aufgebracht werden. Es handelt sich dabei um Primärpräparationen (Spinnpräparationen), Sekundärpräparationen wie Spulöle, Schäröle, Zwirnöle, Strickmaschinenöle und Schlichtemittel. Für die Herstellung von Garnen aus Naturfasern und von Mischgarnen können auch Präparationsmittel zum Einsatz kommen, was vom Spinnprozess und Art der Garnvorbehandlung abhängt. Besondere Beachtung wurde denjenigen chemischen Stoffen geschenkt, die im Zuge der textilen Vorbehandlung von der Faser entfernt und in Abwasser oder Abgas gelangen.

Die Bezeichnung der Textilhilfsmittel bzw. der chemischen Stoffe entspricht der TEGEWA-Nomenklatur [TEGEWA Nomenklatur, 1987].

Die nachfolgenden Informationen basieren auf dem Bericht des Umweltbundesamtes [UBA, 1994] und sind aktualisiert.

2 Zusatzmittel zu Spinnlösungen und Spinnschmälzen sowie Spinnbadzusatzmittel

Hier sollen nur die Stoffe erwähnt werden, die später in den Textilveredlungsbetrieben im Zuge der Vorbehandlung durch Auswaschen ins Abwasser gelangen. Mit dieser Einschränkung sind in erster Linie die "Modifier" zu nennen. Sie werden bei der Herstellung bestimmter Viskosequalitäten (HT = High Tenacity und HWM = High Wet Moduls), nicht aber bei normalen Qualitäten und Zellwolle eingesetzt. Die Auflage beträgt 5 mg/kg Faser. Sie bestehen im Wesentlichen aus ethoxylierten Fettsäuren oder Polyethylenglykolethern mit Molekulargewichten von mehr als 15000. Beide Substanzgruppen werden bei der textilen Vorbehandlung zu mehr als 90% ausgewaschen

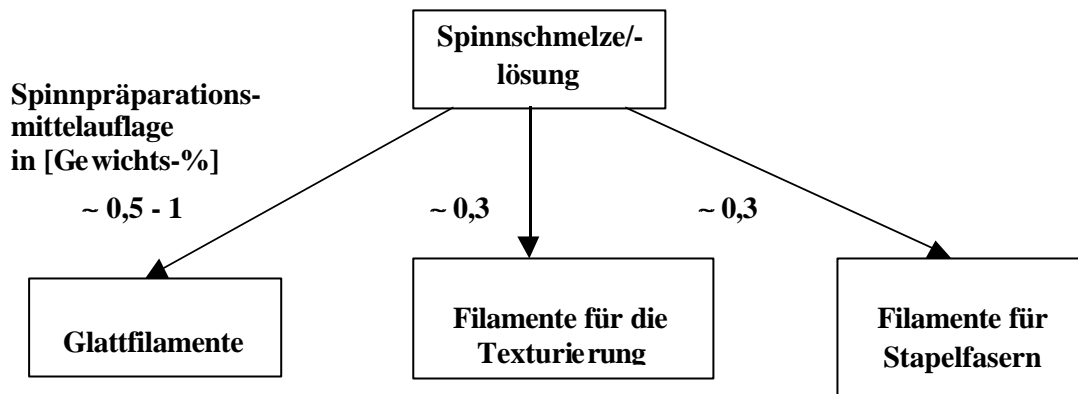
3 Präparationsmittel für die Primärspinnerei

Präparationsmittel für die Primärspinnerei sind chemische Produkte, die im Zuge der Herstellung von Synthesefasern direkt nach dem Spinnprozess appliziert werden. Sie geben den Synthesefasern die notwendigen Eigenschaften für die weiteren Verarbeitungsschritte wie Strecken, Zwrnen, Schären, Texturieren, Konvertieren und Verspinnen. Erst diese Präparationsmittel vermitteln der Synthesefaser die erforderlichen Gleiteigenschaften (optimales Reibungsverhalten, Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen, Kohäsion im Falle von Multifilamentfasern) zwischen den Fasern untereinander und zwischen den Fasern und den Führungselementen der Maschinen.

Entsprechend den verschiedenen Anforderungen, in Abhängigkeit von Substrat, Spinntechnik etc., enthalten die Präparationsmittel i.d.R. folgende Bestandteile:

- ❖ Gleitmittel (40 – 70%)
- ❖ Emulgatoren
- ❖ Anti-Elektrostatika
- ❖ Additive (z.B. Netzmittel, Biozide, Korrosionsinhibitoren, Antioxidantien).

Zu unterscheiden ist in erster Linie zwischen Präparationsmitteln für Glattfilamente, für Filamentfasern, die texturiert werden und solchen für Stapelfasern. Die Auflagen sind in nachfolgendem Diagramm zusammengestellt. Dabei sind Fasern für Teppiche und Elastanfasern nicht berücksichtigt.



Gleitmittel bestehen meist aus

- ❖ Fettsäuretriglyceriden (raffinierte Pflanzenöle)
- ❖ Esterölen (z.B. Octylstearate, Tridecylstearate, Trimethylolpropantrinoxanoate) und
- ❖ EO/PO-Addukten.

Als **Tenside/Emulgatoren** werden nichtionische Tenside wie Fettalkoholethoxylate, Fettsäureethoxylate, Partialglyceride, Triglyceridethoxylate und anionische Tenside sowie sulfonierte und sulfatierte Pflanzenöle verwendet. Die anionischen Tenside haben auch antistatische Wirkung. Als spezielle **Anti-Elektrostatika** werden Mono- und Diester aus Phosphorpentoxid, hauptsächlich als Kaliumsalz eingesetzt sowie amphoterische Tenside, Sarcoside, Aminoxide und Sulfosuccinate.

Für die Stabilisierung der Spinnpräparationen werden **Biozide** eingesetzt wie z.B. heterocyclische Verbindungen (Isothiazolinone, Imidazole) mit einer Auflage um 2 mg/kg Faser.

Die **Korrosionsinhibitoren** bestehen aus Fettsäureseifen, Sarcosiden, Fettsäurealkanolamiden und Phosphorsäureestern.

3.1 Filamentglattgarne

Die Auflagen an Präparationsmittel für die verschiedenen Filamentglattgarne sind in Tabelle 3.1 zusammengestellt.

Textilsubstrat	Auflage [g /kg Textilsubstrat]	Erläuterung
PES	5 – 10	Der Gehalt an Gleitfähigkeitsmitteln beträgt 40 - 70 %.
PA	8 – 12	Gleiche Zusammensetzung wie bei PES
CA CV	20 10	Der Gehalt an Gleitfähigkeitsmitteln ist höher (60-85%).
PP	5 – 15	Die Präparationen bestehen zu 100% aus Tensiden; typischerweise zu 90% aus Fettsäure- und Fettalkoholethoxylaten und zu 10% aus Phosphorsäureestern als Anti-Elektrostatika.
EL	30 - 70	Die Präparationsmittel bestehen hauptsächlich aus Dimethylsiloxanen

Tabelle 3.1: Auflagen an Präparationsmitteln auf Filamentglattgarnen

3.2 Filamentgarne für die Texturierung

Die Auflagen an Präparationsmittel für die verschiedenen Filamentgarne für die Texturierung sind in Tabelle 3.2 zusammengestellt.

Textilsubstrat	Auflage [g /kg Textilsubstrat]	Erläuterung
PES	3 - 5	Die Spinnpräparationsmittel bestehen zu 90% aus EO/PO-Addukten.
PA	3.5 – 5.5 7 - 12	Neben Präparationsmitteln auf Basis EO/PO-Addukte werden auch solche auf Esterbasis eingesetzt. Im Falle von Teppichgarnen wurden früher emulgierte Mineralöle in Präparationsmitteln eingesetzt, aber heute nur noch in Einzelfällen. In der Regel sind sie durch Esteröle (Trimethylpropanester und Pentaerythritester) und nichtionische Tenside ersetzt worden.
PP	8 – 12 8 - 15	Die Präparationsmittel bestehen zu 100% aus Tensiden (siehe Tabelle 3.1) Auflage im Falle von Teppichgarnen.

Tabelle 3.2: Auflagen an Präparationsmitteln für Filamente für die Texturierung

3.3 Stapelfasern aus Synthefasern

Textilsubstrat	Auflage [g /kg Textilsubstrat]	Erläuterung
PES ❖ CO-Typen ❖ WO-Typen	1 – 1,8 2 – 2,5	Sie bestehen zu 50 – 80% aus Phosphorsäureestern und ihren Salzen und zu 20 – 50% aus nichtionischen Tensiden, z.B. Fettsäure- und Fettalkoholethoxylaten
PA	4 – 6	Die PA-Stapelfasern werden hauptsächlich zur Herstellung von Teppichgarnen verwendet. Die Präparationsmittel haben eine ähnliche Zusammensetzung wie die für PES. Esteröle können Bestandteil des Rezeptes sein.
CV	3 – 6	Im Einsatz sind nichtionische Tenside (Fettsäureethoxylate) sowie Fettsäureseifen und Phosphorsäureestersalze
PP	5 – 10	Die Präparationsmittel haben die gleiche Zusammensetzung wie die für Filamentglattgarne (siehe Tabelle 3.1).
PAC	3 - 8	Die verwendeten Präparationsmittel sind sehr unterschiedlich; ihre Chemie entspricht der N-haltiger Weichmacher (Polyamin- und Fettsäurederivate, kurz-kettige quaternäre Ammoniumverbindungen). Sie sind nicht auswaschbar. Es werden auch anionische Systeme wie für PES eingesetzt sowie nichtionische Systeme.

Tabelle 3.3: Auflagen an Präparationsmittel auf Synthefasern für Stapelfasern

3.4 Sekundär-Präparationsmittel

Sekundärpräparationsmittel umfassen alle Hilfsmittel, die für die Garnverarbeitung nach dem Spinnprozess einschließlich der Flächenherstellung benötigt werden. Im Vergleich zu den Präparationen ist ihre Viskosität niedriger und ihre Auflagen höher.

3.5 Präparationsmittel für die Sekundärspinnerei und für die Zwirnerei

Für diese Mittel gibt es keine klare Begriffsdefinition. Im Folgenden wird für Präparationsmittel für die Sekundärspinnerei von synthetischen Stapelfasern und Baumwollfasern der Begriff "Avivage" verwendet und für die Sekundärspinnerei von Wolle der Begriff "Spinnschmälze".

Für das Sekundärspinnen von synthetischen Stapelfasern (einschließlich Viskose-Stapelfasern) ist das Aufbringen von Avivagen erforderlich, sofern die Präparationsmittel im Zuge vorgelagerter Prozesse wie dem Bleichen oder Färben entfernt wurden. Die Applikation von Avivagen ist auch erforderlich für das Spinnen von gebleichtem oder gefärbtem Baumwoll-Flockmaterial. Wie bereits erwähnt werden die Präparationsmittel für die Sekundärspinnerei von gewaschener oder gefärbter Wolle als Spinn-schmälzen bezeichnet.

Die chemische Zusammensetzung von Avivagen für Synthefasern entspricht derjenigen für Stapel-fasern aus Synthefasern (siehe 3.3). Die Auflagen liegen im Bereich von 1 und 5 g/kg Fasern.

Die Auflagen für Baumwollfasern, Viskose-Stapelfasern und für Wollfasern sind in Tabelle 3.4 zusammenge stellt.

Textilsubstrat	Auflage [g /kg Textilsubstrat]	Erläuterung
WO und CO- Wolltype; d.h. Stapel- faserlänge > 60 mm	30 8 – 10	Diese Auflage wird in der Streichgarnspinnerei beim "im Fett spinnen" angewandt; appliziert werden techni-sche Weißöle (ca. 80%) und nichtionische Tenside sowie EO/PO-Addukte von Fettalkoholen, Fettsäuren oder Polyolen. Diese Auflage wird in der Streichgarnspinnerei beim "im Trocken spinnen" angewandt, wenn anschlie-ßend nicht mehr gefärbt wird.
CO oder CV	4	In der Halbkammgarnspinnerei bestehen vielfältige Rezepturen, vor allem mit Weißölen/Esterölen (30 - 40%) und nichtionischen Tensiden; es sind aber auch ölfreie Systeme im Einsatz.
Wenn gefärbte Garne oder gefärbtes Flockmaterial weiterverarbeitet wird, bringt der Textilvered-lungsbetrieb die Avivage mit einer Auflage von 3 – 5 g/kg selbst auf; in der Regel aus langer Flotte. Dabei sind die Ausziehgrade bei PES und PA sehr niedrig (10 – 30%), bei CO und PAC jedoch hoch (> 80%).		
WO und CV	5	Schmälzmittel bestehen aus mineralöl- und esterölhal-tigen Tensid-Systemen.

Tabelle 3.4: Auflagen an Avivagen und Schmälzmitteln auf Baumwollfasern, Viskose-Stapelfasern und Wollfasern

Für den Zwirnprozess werden oft sog. Zwirnöle angewendet. Sie bestehen aus Mineralölen und Esterölen und die Auflagen betragen 1 - 2 g/kg Fasern.

3.6 Spulöle, Schäröle und Avivageöle

Für Prozesse wie Spulen und Schären von texturierten und Filamentglatzgarn sind Hilfsmittel erfor-derlich. Nur in Ausnahmefällen werden feste Paraffine appliziert. Hauptsächlich kommen flüssige Formulierungen wie Spulöle und Schäröle zum Einsatz.

Bei Synthefasern werden zwischen dem Texturieren und Spulen sog. **Spulöle** aufgebracht, um die Geschmeidigkeit und Glätte zu erhöhen sowie die elektrostatischen Eigenschaften zu verbessern. Die Auflage an Spulölen hängt von der weiteren Verarbeitung und dem Volumen der Garne ab. Sie

schwankt für PES zwischen 15 – 30 g/kg (im Mittel 20 g/kg). Für normales PA beträgt die Auflage 5 g/kg und bei hoch-elastischem PA 15 – 20 g/kg; es werden auch Auflagen bis 30 g/kg aufgebracht, die aber als zu hoch angesehen werden. Es wird berichtet, dass Importware Spulöl-Auflagen von mehr als 50 g/kg aufweisen kann.

Zum Schären werden auf die Filamentglattgarne 2 - 10 g/kg **Schäröl** aufgebracht.

Nach dem Bleichen oder Färben von Filamentgarnen werden mit dem letzten Spülbad **Avivagen** appliziert. Die Auflagen betragen bei Filamentgarnen um 5 - 10 g/kg. Die Werte für gebleichte oder gefärbte Stapelfasern und Naturfasern sind unter 3.1 genannt.

Spulöle und Schäröle bestehen aus

- ❖ Hochausraffinierten Mineralölen (Weißölen), die eine Mischung aus Kohlenwasserstoffen mit C_{12} – C_{50} Kettenlänge darstellen mit Siedepunkten zwischen 220°C und 450°C; ihre Anwendung ist stark rückläufig
- ❖ Esteröle; herkömmliche und neue Produkte mit emissionsarmen Komponenten
- ❖ Spezielle Polyolester
- ❖ Polyester-/Polyetherpolycarbonate
- ❖ EO/PO-Addukte.

Als Folge von gesetzlichen Anforderungen werden die Auflagen reduziert und am Markt sind mehr und mehr emissionsarme Produkte verfügbar.

4 Strickmaschinenöle

Die Nadeln von Strickmaschinen werden mit sog. Strickmaschinenölen geschmiert (Verlustschmierung). Sie bestehen aus hochausraffinierten Mineralölen mit HP-Zusätzen. Auf die Strickware gelangen dadurch bis zu 10 g/kg.

5 Schlichtemittel

Webware ist ein Flächengebilde, das durch einen Webprozess hergestellt wird. Dabei werden die längs ausgerichteten Garne als Kettgarne und die quer dazu eingetragenen Garne als Schussgarn bezeichnet. Während das Schussgarn nur eine kleine mechanische Beanspruchung auszuhalten hat, ist diese bei den Kettgarnen sehr hoch, weshalb sie geschützt werden müssen. Dazu werden die Kettgarne mit einem viskosen, elastischen und reibfesten Schutzfilm überzogen, der aus sog. Schlichtemitteln besteht. Nach dem Webprozess haben die Schlichtemittel ihre Aufgabe erfüllt und müssen für die weitere Veredlung wieder vollständig entfernt werden (praktisch ist das eine Entfernung von mehr als 90%). Dieser Prozess, als Teil der textilen Vorbehandlung, wird als Entschlichtung bezeichnet. Dieses Entschlichten ist mit einer hohen Abwasserbelastung verbunden, das zu 30 – 70% zur Gesamt-CSB-Fracht im Abwasser eines Gewebeveredlers beiträgt. Der niedrigere Prozentsatz gilt für Gewebe, das hauptsächlich aus Filamentfasern besteht und der höhere für Stapelfasern, insbesondere für Baumwoll-Stapelfasern, die mit natürlichen Schlichtemitteln beaufschlagt sind. Die Auflagen an Schlichtemitteln für die verschiedenen Substrate sind in Tabelle 5.1 zusammengestellt. Die Auflagen hängen von mehreren Faktoren ab wie Dichte der Kettgarne, die Art des Schlichtemittels, die Art der Schlichtemaschine (ein oder zwei Tröge), die Luftkonditionierung im Websaal, die Art der Webmaschinen, die Höhe des Schusseintrages etc.. Üblicherweise besteht die Schlichtemasse nicht nur aus verschiedenen Schlichtemitteln, sondern auch aus Schmiermitteln (Wachse, Fette) und (in einigen Fällen) aus Harnstoff und gar Oxidationsmittel für den Entschlichtungsprozess. Zusätzlich werden auf der Schlichtemaschine direkt nach dem Auftrag der Schlichtemittel Paraffine appliziert.

In Deutschland beträgt das Verhältnis von synthetischen zu nativen Schlichtemitteln 1:3.

Die in der Praxis relevanten Schlichtemittel können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

a) Schlichtemittel auf der Basis nativer Polysaccharide:

- Stärke
- Stärkederivate wie Carboxymethylstärke und Hydroxyethylstärkeether
- Cellulosederivate, besonders Carboxymethylcellulose (CMC)
- Galaktomannane

b) Vollständig synthetische Polymere:

- Polyvinylalkohole (PVA)
- Polyacrylate
- Polyvinylacetate
- Polyester
- Copolymerisate

Textilsubstrat	Auflage [g /kg Kettgarn]	Erläuterung
<u>Stapelfasern</u>		
- CO und CO/PES	80 – 200	Als Schlichtemittel werden Stärke, Stärkederivate, oft in Kombination mit PVA, CMC oder Polyacrylaten eingesetzt. Dabei beträgt das Verhältnis von Stärke/Stärkederivaten zu synthetischen Schlichtemitteln meist 3 : 1, bei Luftdüsenwebmaschinen 1 : 1. Die Auflagen bei Verwendung von Stärke/Stärkederivaten ist mit 150 – 200 g/kg deutlich höher im Vergleich zu synthetischen Schlichtemitteln.
- CV	40 – 120	Die Auflage beträgt im Schnitt 60 g/kg. Kombinationen aller verfügbarer Schlichtemittel werden eingesetzt, wie z.B. Polyacrylate in Kombination mit CMC und/oder Stärkederivaten.
- WO	0 – 20	Wollgewebe werden meist mit gezwirntem Garn hergestellt. Dann ist für den Webprozess ein Beschlichten der Kettgarne nicht erforderlich. Im Falle von einfachen Wollgarnen (was in der Praxis wenig relevant ist) werden bis zu 200 g/kg Stärke/ Stärkederivate in Kombination mit synthetischen Schlichtemitteln aufgebracht.

Filamentgarne		
- PES	40 – 60	Für 90% der PES-Glattgarne werden dispergierbare Polyesterschichten eingesetzt. Den restlichen Anteil machen mod. PVA und Polyacrylate aus.
	80 – 120	Dies ist die Auflage für texturierte Garne: ca. 80 g/kg bei Polyesterschichten, ca. 120 g/kg bei PVA und ca. 100 g/kg bei Polyacrylaten.
- PA	20 – 50	Polyacrylsäure wird als Schlichtemittel eingesetzt; die Auflage in Höhe von 50 g/kg tritt nur bei sehr feinen Geweben auf.
- CV	15 – 30	Dieser Fall betrifft vor allem Futterstoffe; die Schlichtemittel bestehen zu 100% aus Polyacrylaten
- CA	15 - 60	Es werden Polyacrylate und Polyvinylacetate eingesetzt.

Tabelle 5.1: Auflagen an Schlichtemitteln in Abhängigkeit von den verschiedenen Textilsubstraten; bezogen auf das Kettgarn, das üblicherweise einen Gewichtsanteil am Fertiggewebe von ca. 60% aufweist

Mit den vorgenannten Auflagen für die Schlichtemittel können die Emissionen zuverlässig abgeschätzt werden. Das gleiche gilt für die CSB und BSB₅-Frachten, wenn die spezifischen CSB- und BSB₅-Werte der Schlichtemittel bekannt sind. Diese sind in Tabelle 5.2 zusammengestellt.

Art des Schlichtemittels	Spezifischer CSB-Wert [mg O ₂ /g]	Spezifischer BSB ₅ -Wert [mg O ₂ /g]
Stärke	900 – 1000 ^{*1}	500 – 600
CMC	800 – 1000 ^{*1}	50 – 90
PVA	ca. 1700 ^{*1}	30 – 80 ^{*2}
Polyacrylate	900 – 1650	< 50
Galaktomannane	1000 – 1150 ^{*1}	400
PES-Dispersionen	1450 – 1700	< 50
Eiweißschlichtemittel	1200	700 – 800

^{*1} unter Berücksichtigung der üblichen Feuchtegehalte der Handelsware

^{*2} bei nicht adaptiertem Inoculum

Tabelle 5.2: Spezifische CSB- und BSB₅-Werte von Schlichtemitteln

6 Natürliche Begleitstoffe

Die wichtigsten natürlichen Textilrohstoffe sind Baumwolle und Wolle. Mengenmäßig weniger bedeutend sind Leinen und weitere cellulosische Fasern wie Rohflachs, Hanf, Ramie und Sisal. Als Naturprodukte sind diese Fasern keine chemisch reinen Stoffe. Baumwolle beispielsweise besteht zwar zum größten Teil tatsächlich aus Cellulose, enthält jedoch auch erhebliche Mengen an Begleitstoffen. Diese beeinflussen die Eigenschaften der Fasern sowohl hinsichtlich ihrer mechanischen als auch chemischen Eigenschaften.

Die Bruttozusammensetzung der Baumwollfasern hängt von der Art der Baumwollpflanze, ihrer Herkunft, den Wachstumsbedingungen und dem Reifegrad ab. Der äußere Faserbereich, die Primärwand, unterscheidet sich in der Zusammensetzung von der Gesamtfaser. Tabelle 6.1 zeigt diesen Unterschied und gibt einen Überblick über die Zusammensetzung der Rohbaumwolle.

Komponente	Anteil an der Gesamtfaser in [Gewichts-%]	Anteil an der Primärwand in [Gewichts-%]
Cellulose	80 – 90	52
Wasser	6 – 8	?
Hemicellulosen/Pektine	4 – 6	12
Wachse und Fette	0,5 – 1	7
Proteine	1,5	12
Mineralstoffe wie Ca, Mg, K, Na, P	1 – 2	3
Andere organische Ver- bindungen	0,5 - 1	14

Tabelle 6.1: **Zusammensetzung von Rohbaumwolle in [Gewichts-%] -**
[Ullmanns – TA, 1995; Ebner, 1989]

Aus Tabelle 6.1 ergibt sich unmittelbar, dass die Baumwolle 6 - 8% organische Begleitsubstanzen (Hemicellulosen, Pektine, Wachse, Proteine) enthält. Addiert man dazu die Schlichtemittel und Präparationsmittel, resultiert in der Summe an Anteil von bis zu 20 Gewichts-%. Alle diese Stoffe sind für die weitere Veredlung unerwünscht oder wirken sich störend darauf aus und müssen deshalb im Zuge der textilen Vorbehandlung möglichst vollständig entfernt werden, woraus eine erhebliche Abwasserbelastung resultiert. Unter der Annahme, dass die organischen natürlichen Baumwoll-Begleitstoffe 7 Gewichts-% ausmachen und bei der Vorbehandlung zu 80% entfernt werden, ergibt sich bei einem angenommenen spezifischen CSB-Wert von 1200 mg O₂/g ein spezifischer CSB-Emissionsfaktor von 70 g O₂/kg Baumwolle. Diese Fracht muss zu der Menge addiert werden, die durch Schlichtemittel (bei Webware) und Präparationsmittel verursacht werden.

Bei Wolle kann der Anteil an natürlichen Begleitstoffen noch höher sein als bei Baumwolle. Der wichtigste Bestandteil ist das Wollwachs. Tabelle 6.2 gibt die ungefähre Zusammensetzung der Rohwolle an.

Komponente	Gehalt in [Gewichts-%]	Erläuterung
Fasersubstanz (Proteine)	20 – 80	
Wollwachs	5 – 50	Das Wollwachs ist wasserunlöslich und besteht aus einem Gemisch aus Fettsäureestern höherer Alkohole, freier Fettsäuren und freier höherer Alkohole.
Wollschweiß	2 – 13	Wollschweiß ist wasserlöslich und besteht aus niederen Carbonsäuren und Aldehyden sowie aus anorganischen Bestandteilen.
Andere Begleitstoffe	5 - 40	Pflanzliche und mineralische Bestandteile

Tabelle 6.2: **Natürliche Bruttozusammensetzung der Wolle – [Ullmanns – TA, 1995]**

Bei der Vorbehandlung der Wolle gelangen die störenden Begleitstoffe nicht quantitativ ins Abwasser. Vor allem das Wollwachs oder Wollfett wird für weitere Verwendungszwecke zurückbehalten. Eine Abschätzung der Abwasserbelastung ist deshalb ohne analytische Daten nicht möglich.

7 Literatur

[Ebner, 1989]

Ebner, G.; Schelz, D.

Textilfärberei und Farbstoffe

Springer-Verlag, Berlin (1989) 16

[TEGEWA Nomenklatur, 1987]

Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrrohstoff-Industrie e.V. (TEGEWA)

Zur Nomenklatur der Textilhilfsmittel, Leder- und Pelzhilfsmittel, Papierhilfsmittel und Tenside, 3. überarbeitete Auflage (1987)

[UBA, 1994]

Schönberger, H.; Kaps, U.

Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie

UBA-Texte 3/94 (1994)

[Ullmanns-TA, 1995]

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry

Textile Auxiliaries

VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Vol. A 26 (1995) 227ff

Anhang II Rahmen-Rezepturen für die Vorbehandlung von Textilsubstraten

1 Vorbemerkung

Die nachstehenden Rahmen-Rezepturen stellen Informationen zur Art und Menge von Chemikalien, die im Zuge der textilen Vorbehandlung eingesetzt werden, zusammen. In der Praxis können die Rezepturen durch unterschiedliche Randbedingungen abweichen. Sie sind immer mit dem angewendeten Verfahren, den verfügbaren Maschinen und dem Flottenverhältnis zu betrachten. Beispielsweise ist die für Baumwolle angewandte Vorbehandlung im konkreten Fall davon abhängig, aus welchem Herkunftsland sie stammt, welcher Anteil anderer Fasern vorliegt, welches Ausrüstungsziel (Vorbehandlung für die Färberei für helle oder dunkle Töne oder Druckerei oder für Vollweißartikel ohne nachfolgendes Färben oder Drucken etc.) angestrebt wird, welche Maschinen verfügbar sind etc.. Auch hier ist eine differenzierte, verfahrensbezogene Sichtweise erforderlich, was charakteristisch für die Textilveredlung ist.

Es ist zu betonen, dass kontinuierliche Verfahren für Chemikalien und Wasserverbrauch deutlich niedrigere spezifische Input-Faktoren aufweisen als diskontinuierliche Verfahren.

Für die diskontinuierlichen Prozesse betreffen die höheren Werte bei den angegebenen Spannbreiten extreme Bedingungen.

In erster Näherung gelangen die im Zuge der textilen Vorbehandlung eingesetzten Chemikalien quantitativ ins Abwasser. Eine Ausnahme sind optische Aufheller für Vollweißware; sie verbleiben überwiegend auf dem Textilsubstrat. Die nachfolgenden Angaben basieren auf einem UBA-Bericht [UBA, 1994] und wurden überarbeitet.

2 Baumwolle und Baumwoll-Mischungen

2.1 Gewebe

Die klassischen Vorbehandlungsstufen für Baumwollgewebe bestehen aus der Entschlichtung, dem alkalischen Abkochen und der Bleichstufe. In neuen Anlagen können diese Prozesse direkt miteinander verbunden und zusammen gefasst werden, was mit niedrigeren Verbräuchen für Wasser, Energie und Chemikalien einhergeht. Die nachfolgenden Rahmen-Rezepturen betreffen das klassische Mehrstufen-Verfahren. Die Input-Angaben für chemische Produkte sind sog. "Telquel-Angaben", d.h. die Einsatzmenge bezieht sich auf das fertig formulierte Produkt, so wie es zum Einsatz kommt. Die Konzentration der Aktivsubstanzen in diesen Einsatzprodukten ist unterschiedlich. Bei den Wachmitteln (Tensid-Compound) und bei den Komplexbildnern liegt ein mittlerer Aktivsubstanzgehalt von ca. 60% vor. Bei pulverförmigen Produkten ist der Schwankungsbereich groß; die Aktivsubstanzgehalte liegen zwischen 15 und 100%.

2.1.1 Entschlichten

2.1.1.1 Enzymatische Entschlichtung

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Enzyme	5	
Komplexbildner	1	
Tenside	1 - 8	Bei diskontinuierlichen Prozessen, z.B. Entschlichten in einer Kufe mit einem Flottenverhältnis von 1:20 beträgt die Menge bis 30 g Telquel/kg Textilsubstrat.
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	4 - 6	

Tabelle 2.1 Rahmen-Rezeptur für die enzymatische Entschlichtung von Baumwoll- und Baumwoll-Mischgewebe

2.1.1.2 Entfernung von wasserunlöslichen Schlichtemitteln durch Kaltbleiche

Es handelt sich um einen semi-kontinuierlichen Prozess. Die Flotte für die oxidative Entschlichtung wird mittels Foulards bei Raumtemperatur geklotzt. Die Flottenaufnahme beträgt 70-80%. Die Verweilzeit für die Reaktion beträgt 16-24 h (max. 72 h). Anschließend wird das Gewebe sorgfältig ausgewaschen.

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat] kontinuierlicher und optimierter Prozess		Erläuterung
NaOH (100%)	10 - 20		Meist werden 50%ige oder auch 33%ige Lösungen eingesetzt.
H ₂ O ₂ (100%)	15 - 25		Üblicherweise wird eine 30%ige oder 50%ige Lösung eingesetzt.
Tenside	1,5 - 3		Es kommt eine Mischung aus nicht-ionischen (im Mittel ca. 70 %, z.B. ethoxylierte Fettalkohole) und anionische Tenside (ca. 30%, besonders Alkylsulfonate, aber auch Alkylsulfate und lineare Alkylbenzolsulfonate) zum Einsatz.
Komplexbildner	2 - 4		Als Komplexbildner werden Polyacrylate und Phosphonate, aber nicht mehr EDTA oder DTPA eingesetzt.
MgSO ₄ (100%)	0,15 – 0,3		Üblicherweise wird eine 40%ige MgSO ₄ -Lösung eingesetzt.
Wasserglas (100%)	5 – 8		Üblicherweise wird eine 40%ige Wasserglas-Lösung eingesetzt.
Na-peroxodisulfat (100%)	3 – 6		Üblicherweise wird eine 20% Natriumperoxodisulfatlösung eingesetzt.
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	4 – 6 8 – 12		4-6 l/kg im Fall der Mehrfachverwendung des Wassers oder bei Hochleistungs-Waschabteilen; ansonsten 8-12 l/kg

Tabelle 2.2: **Rahmen-Rezeptur für das Entschlichten von Gewebe aus Baumwolle oder Baumwoll-Mischungen, das mit wasserunlöslichen Schlichtemitteln beschlichtet ist.**

2.1.1.3 Entfernung von wasserlöslichen Schlichtemittel

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat] kontinuierl. und optimierter Prozess	diskontin. Prozess	Erläuterung
Komplexbildner	1	3 – 15	Als Komplexbildner werden Polyacrylate und Phosphonate, aber nicht mehr EDTA oder DTPA eingesetzt.
Tenside	1 – 3	4 – 20	Es kommt eine Mischung aus nicht-ionischen (im Mittel ca. 70 %, z.B. ethoxylierte Fettalkohole) und anionischen Tensiden (ca. 30%, besonders Alkylsulfonate, aber auch Alkylsulfate und lineare Alkylbenzolsulfonate) zum Einsatz; teilweise auch Alkylethersulfate und Alkylethoxyphosphorsäureester. Im Fall von Schlichtemittelrückgewinnung wird die Entschlichtung ohne Tenside durchgeführt; allerdings sind dann mehr Waschabteile erforderlich, um den Restschlichtemittelgehalt um 1% zu halten. Häufig enthalten die Tensidformulierungen bereits Entschäumer (0,1 – 1 g/kg); wenn nicht müssen solche zugesetzt werden. Üblicherweise werden Polysiloxane (sehr niedrige Dosierung) und zu einem geringen Anteil Kohlenwasserstoffe (hohe Dosierung) und Trialkylphosphorsäureester eingesetzt.
Soda oder NaOH (100%)	0 – 3 0 - 2	0 – 3 0 – 2	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	4 – 6 oder 8 - 12	ca. 50 (Haspelkufe)	4-6 l/kg im Fall der Mehrfachverwendung von Wasser, ansonsten 8-12 l/kg; bei kontinuierlichen Verfahren wird das Waschwasser vom Abkochen/Bleichen zum Entschlichten wiederverwendet.

Tabelle 2.3: Rahmen-Rezeptur für das Entschlichten von Gewebe aus Baumwolle oder Baumwollmischungen, das mit wasserlöslichen Schlichtemitteln beschlichtet ist

2.1.2 Alkalisches Abkochen

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]		Erläuterung
	kontinuierlicher und optimierter Prozess	diskontinuierl. Prozess	
NaOH (100%)	20 – 80	20 - 80	Die Menge hängt sowohl vom Baumwollanteil als auch von den Prozessbedingungen ab.
Komplexbildner	1 – 6	3 - 30	<p>Einige Lieferanten empfehlen eine Dosierung von nicht mehr als 2 g/kg für kontinuierliche Verfahren. Der Einsatz ist notwendig für die Extraktion von Calcium. Für diesen Zweck ist NTA nicht wirksam genug. Üblicherweise wird eine Mischung verschiedener Komplexbildner eingesetzt wie Phosphonate, Gluconat, Polyphosphate, NTA, Polyacrylate und in einigen Fällen noch EDTA und DTPA.</p> <p>Der Einsatz von Komplexbildnern kann durch eine dem alkalischen Abkochen vorgeschalteten sauren Entmineralisierung deutlich reduziert werden. In Deutschland wird diese Möglichkeit sehr selten praktiziert.</p> <p>In einigen Fällen wird eine Kombination aus Komplexbildnern und Reduktionsmitteln angewandt.</p>
Tenside	5 - 6	5 - 30	Einige Lieferanten empfehlen eine Dosierung von 2 – 4 g/kg für kontinuierliche Verfahren. Die Zusammensetzung entspricht derjenigen, die für die Rahmen-Rezeptur für das Entschlichten von wasserlöslichen Schlichten angegeben ist (siehe Tabelle 2.3)
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	8 - 10	ca. 50	Einschließlich Spülen: im Fall von kontin. Verfahren kann der Verbrauch durch Wasserrecycling niedriger sein.

Tabelle 2.4: Rahmen-Rezeptur für das alkalische Abkochen von Gewebe aus Baumwolle und Baumwoll-Mischungen

2.1.3 Bleichen

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat] kontinuierlicher und optimierter Prozess diskontin. Prozess		Erläuterung
H ₂ O ₂ (100%)	5 - 15	5 – 15	Wird mit Phosphorsäure und organischen Komponenten stabilisiert.
NaOH (100%)	4 – 10	4 – 30	Zu Beginn des Bleichprozesses wird die Phosphorsäure neutralisiert und verliert damit ihre stabilisierende Wirkung.
Komplexbildner*)	0 - 2	0 – 2	Zur Komplexierung von Calcium und Schwermetallen werden die gleichen Verbindungen wie zum alkalischen Abkochen verwendet; Magnesium darf nicht komplexiert werden, da es für die Stabilisierung des H ₂ O ₂ benötigt wird.
Organischer Stabilisator*)	0 - 10	0 – 20	Für die Stabilisierung von H ₂ O ₂ , viele Produkte stehen zur Verfügung, die Komplexbildner für Calcium- und Schwermetallionen enthalten wie Gluconat, NTA/EDTA/DTPA, Polyacrylate und Phosphonate; in Deutschland wird DTPA nicht mehr und EDTA nur zu einem geringen Anteil eingesetzt.
Tenside	2 - 5	2 – 10	Es werden die gleichen Verbindungen verwendet wie für das Entschlichten und Abkochen (siehe Tabelle 2.3 und Tabelle 2.4)
Natriumsilikat*)	8 - 20		Natriumsilikat wirkt als pH-Puffer, Alkalispender, Antikatalyte und Stabilisator
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	6 - 12	ca. 50	Einschließlich dem Spülen

*) Der Einsatz von Komplexbildnern, organischen und anorganischen (Silikate) Stabilisatoren in Summe schwankt zwischen 0 – 20g/kg. Wie beim alkalischen Abkochen kann der Verbrauch durch saure Vorbehandlung deutlich reduziert werden.

Tabelle 2.5: Rahmen-Rezeptur für das Bleichen von Gewebe aus Baumwolle oder Baumwoll-Mischungen

2.1.4 Mercerisation

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
NaOH (100%)	200 - 300	.
Netzmittel	0 - 10	Netzmittel werden nur bei trocken-in-nass-Mercerisation (Roh-Mercerisation) eingesetzt. Sie bestehen aus kurzket-tigen anionischen Verbindungen wie Alkylsulfate.
Komplexbildner	2	Nur bei Roh-Mercerisation. Es werden die gleichen Che-miekalien wie für das Abkochen eingesetzt (siehe Tabelle 2.4)

Tabelle 2.6: Rahmen-Rezeptur für das Mercerisieren von Gewebe aus Baumwolle oder Baumwoll-Mischungen

2.1.5 Alkali-Behandlung

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
KOH (100%) oder NaOH (100%)	200 – 300 60 - 230	
Hilfsmittel A	60 – 80 ml	Das Produkt ist eine Flüssigformulierung mit einer Kon-zentration an Aktivsubstanz von 50%. Es besteht aus Schwefelsäureestern, einem Fettsäurederivat und einem Alkylsulfonat.
Netzmittel	5	

Tabelle 2.7: Rahmen-Rezeptur für de Alkali-Behandlung Baumwoll-von Gewebe aus Baumwolle oder Mischungen

2.2 Maschenware

Bei der Vorbehandlung von Maschenware entfällt die Entschlichtung, da sich auf dem Substrat keine Schlichtemittel befinden.

Der “leichte Abkochprozess” wird dann angewandt, wenn ein Bleichen nicht erforderlich ist. Dies ist bei nachfolgend dunklen Färbungen (schwarz, braun, marine oder türkis etc.) der Fall. Eine exakte Definition für diesen Prozess liegt nicht vor.

Gebleicht wird heute nur noch Weißware, die nicht gefärbt wird (und zuvor auch abgekocht wird) sowie Ware, die in hellen Farbtönen gefärbt wird. Allerdings gibt es, wenn auch wenige, Maschenver-edler, die einfachheitshalber aus logistischen Gründen die gesamte Ware bleichen.

Bei kontinuierlicher Arbeitsweise wird häufig nur einstufig gebleicht. Die sogenannte Kombibleiche, bestehend aus Natriumhypochlorit/Wasserstoffperoxid ist mittlerweile weitgehend durch andere Ver-fahren wie zweistufige Wasserstoffperoxidbleiche ersetzt worden. Wie bei Baumwoll- oder Baum-woll-Mischgewebe ist eine vorgeschaltete Säurebehandlung möglich, die geringere Einsätze an Kom-plexbildnern in der Folgestufe (in der Regel ein einstufiger Bleichprozess) möglich macht.

Der Chemikalienverbrauch für die Vorbehandlung der Maschenware ist ähnlich wie für Webware, jedoch mit größerer Streubreite, weil Maschenware in großem Umfang diskontinuierlich vorbehandelt wird.

2.2.1 Neutrale/saure Entmineralisierung

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Anorganische und organische Säuren	0 - 2	
Komplexbildner	1 - 3	Es werden die gleichen Stoffe eingesetzt wie für das Abkochen von Gewebe (siehe Tabelle 2.4)
Tenside	1 - 3	Es werden die gleichen Stoffe eingesetzt wie für das Entschlichten von wasserlöslichen Schlichtemitteln (siehe Tabelle 2.3)
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 2.8: Rahmen-Rezeptur für die neutrale/saure Entmineralisierung von Maschenware aus Baumwolle und Baumwoll-Mischungen

2.2.2 „Leichter Abkoch-Prozess“ (alkalisches Vorwaschen)

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Soda oder NaOH (100%)	ca. 50 ca. 50	Es gibt einen großen Bereich für die eingesetzten Alkali-Mengen.
Tenside	1 - 3	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 2.9: Rahmen-Rezeptur für das „Alkalische Abkochen“ von Maschenware aus Baumwolle oder Baumwoll-Mischungen

2.2.3 Bleichen

2.2.3.1 Bleichen mit Natriumhypochlorit

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]		Erläuterung
	kontinuierlicher und optimierter Prozess	diskontin. Prozess	
NaOCl (als wirksames Chlor)	5 – 6	ca. 30	
NaOH (100%)	1 – 3	5 - 15	
Tenside	2 – 5	2 - 10	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	?	

Tabelle 2.10: Rahmen-Rezeptur für das Bleichen mit Hypochlorit von Maschenware aus Baumwolle oder Baumwoll-Mischungen

2.2.3.2 Bleichen mit Wasserstoffperoxid

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat] kontinuierlicher und optimierter Prozess diskontin. Prozess		Erläuterung
H ₂ O ₂ (100%)	5 - 15	5 - 15	
NaOH (100%)	4 - 10	4 - 30	Normalerweise wird eine niedrigere Dosierung praktiziert, da bei der Maschenware die Samenschalen bereits weitgehend entfernt sind.
Komplexbildner	0 - 2	0 - 2	siehe Tabelle 2.5
Organ. Stabilisator	0 - 10	0 - 20	siehe Tabelle 2.5
Tenside	2 - 5	2 - 10	siehe Tabelle 2.5
Natrium silikat	8 - 20	0 - 20	siehe Tabelle 2.5
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	?	

Tabelle 2.11: Rahmen-Rezeptur für das Bleichen mit Wasserstoffperoxid von Maschenware aus Baumwolle und Baumwoll-Mischungen

3 Viskose

3.1 Gewebe

Viskose wird in der Regel laugiert. Ein anschließendes Bleichen mit Wasserstoffperoxid wird selten praktiziert. Dabei sind die angewandten Chemikaliendosierungen niedriger als bei der Baumwolle, da die Viskose keine natürlichen Begleitstoffe enthält.

3.1.1 Laugieren

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
NaOH (100%)	40 - 60	Die üblicherweise angewandte Konzentration der Natronlauge beträgt 6°Bé
Tenside	3 - 20	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 3.1: Rahmen-Rezeptur für das Laugieren von Viskose-Gewebe

3.1.2 Abkochen

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
NaOH (100%)	ca. 30	Im Falle eines einstufigen Abkochprozesses
Tenside	3 - 20	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	ca. 10	

Tabelle 3.2: Rahmen-Rezeptur für das Abkochen von Viskose-Gewebe

3.2 Maschenware

Maschenware aus Viskose ist ein nicht sehr verbreiteter Artikel. Die Rahmen-Rezeptur für den Bleichprozess von Viskose-Maschenware entspricht der für Baumwolle, jedoch mit 40-70 % reduzierten Mengen an Natronlauge und Wasserstoffperoxid.

4 Synthesefasern (Gewebe und Maschenware)

Web- und Maschenware aus Synthesefasern werden ausgewaschen, um die (in der Regel) wasserlöslichen Schlichtemittel bzw. Präparationsmittel zu entfernen. Ein Abkochen entfällt. Die Chloritbleiche für PES und PAC ist bei vielen Qualitäten nicht mehr üblich.

4.1 Rahmen-Rezepturen für das Auswaschen (kontinuierliches und diskontinuierliches Verfahren)

4.1.1 Gewebe

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Alkali	0 – 2	Zur pH-Wert-Einstellung in Abhängigkeit von der Art der Schlichtemittel; üblicherweise werden NaOH, Soda oder Ammoniumhydroxid eingesetzt, selten Natriumphosphat
Komplexbildner	0,5 – 15	
Tenside	0,5 – 30	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	4 – 8	Bei Mikrofasern bis zu 60 l/kg

Tabelle 4.1: Rahmen-Rezeptur für das Waschen von Gewebe aus Synthesefasern

4.1.2 Maschenware

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Komplexbildner	0 – 10	Es werden vor allem Polyacrylate eingesetzt, selten Polyphosphate.
Tenside	2 – 20	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 4.2: Rahmen-Rezeptur für das Waschen von Maschenware aus Synthefasern

4.2 Rahmen-Rezepturen für das Bleichen und das optische Aufhellen

4.2.1 Reduktives Bleichen von Polyamid

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Natriumdithionit-haltige Formulierung	10 – 30	
Optische Aufheller	5 – 15	
Tenside	1 – 2	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 4.3: Rahmen-Rezeptur für das reduktive Bleichen und optische Aufhellen von Polyamid

4.2.2 Bleichen von PES oder PAC mit Natriumchlorit

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
NaClO ₂ (100%)	5 – 15	
Ameisensäure pH 2,5-3,5 oder Oxalsäure pH 2,5	?	Enthält zusätzlich Puffersalze und Stabilisatoren
Korrosionsinhibitor (Chemie = ?)	10 – 20	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 4.4: Rahmen-Rezeptur für das Bleichen von PES und PAC mit Natriumchlorit

5 Wolle

5.1 Rohwollwäsche

In Deutschland gibt es einen Betrieb, der Rohwollwäsche durchführt.

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Soda	?	
Tenside	?	Es werden nichtionische Tenside eingesetzt.
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	ca. 4	Bei optimiertem kontinuierlichen Prozess.

Tabelle 5.1: Rahmen-Rezeptur für die Rohwollwäsche

5.2 Karbonisierung (Entfernung pflanzlicher Bestandteile)

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
H ₂ SO ₄ (100%)	35 – 70	
Tenside	1 - 3	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	ca. 3	Bei optimiertem kontinuierlichem Prozess.

Tabelle 5.2: Rahmen-Rezeptur für die Karbonisierung von Wolle

5.3 Waschen und Walken

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Soda oder Ammonium (100%)	0 – 5 ca. 2,5	
Tenside	3 – 20	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 5.3: Rahmen-Rezeptur für das Waschen und Walken von Wolle

5.4 Bleichen

Für vollgebleichte Qualitäten besteht das Standard-Verfahren für das Bleichen der Wolle aus der Durchführung einer Kombinationsbleiche aus oxidativer Bleiche (Wasserstoffperoxid) mit nachfolgender reduktiver Bleiche (3 g/l Reduktionsmittel, z.B. stabilisiertes Natriumdithionit und 0,5 g/l Tensid). Zur Vorbleiche wird entweder Wasserstoffperoxid oder ein Reduktionsmittel eingesetzt. Bezüglich der Rahmen-Rezeptur für das Bleichen von Wolle muss betont werden, dass die Chemikaliendosierung wegen der Abhängigkeit des Prozesses von Zeit und Temperatur erheblich schwanken kann.

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
H ₂ O ₂ (100%)	50 - 75	Wegen der hohen der Dosierung wird der Prozess häufig auf stehendem Bad durchgeführt.
Komplexbildner (Stabilisator)	5 - 30	
Ammonium (100%)	0 - 20	pH 8 – 9 mit Puffer-System (üblicherweise auf Basis Natriumtripolyphosphat)
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 5.4: Rahmen-Rezeptur für das Bleichen von Wolle

Vereinzelte wird auch eine saure Wasserstoffperoxidbleiche angewandt, bei der ein Aktivator anstelle eines Stabilisators eingesetzt wird. Die so mit Wasserstoffperoxid vorgebleichte Ware wird gespült und danach mit einem Reduktionsmittel (40 – 80 g/kg Wolle) während 30 Minuten bei 60 °C nachgebleicht. Anschließend kann man zur Erzielung eines Vollweiß noch optischen Aufheller zugeben. Im allgemeinen, und hier besonders für Garn und Maschenware, finden für die Peroxidbleiche in diesem Bereich sog. dispergierende Stabilisatoren auf Basis von Eiweißderivaten und von modifizierten Phosphorsäureestern (Lecithin-Typen) Anwendung. Diese Stabilisatoren wirken auch dispergierend. Auch Fettsäureamide sind als Stabilisatoren im Einsatz, wobei solche Produkte nicht nur das Bleichbad stabilisieren, sondern gleichzeitig der Ware einen angenehmen Griff geben.

5.5 Hercosett-Filzfrei-Ausrüstung

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
NaOCl (als wirksames Chlor)	?	
H ₂ SO ₄ (100%)	?	
Tenside	?	
Soda	?	
Na ₂ SO ₃	?	
Polyamid-Harz	?	
Weichmacher	?	
NaHCO ₃	?	
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 5.5: Rahmen-Rezeptur für die Hercosett-Filzfrei-Ausrüstung von Wolle

5.6 Druckvorbehandlung

5.6.1 Vorbehandlung mit chlorhaltigen Stoffen

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Dichlorisocyanurat (1,2 – 3,8% Aktivchlor)	20 - 60	
Ameisen-/Essig-/Schwefelsäure	10 - 30	
Natriumdisulfit oder -dithionit	20 – 40	
Tenside	2 – 5	
Polymere (100%)	10 – 30	Meist kationische Produkte
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 5.6: Rahmen-Rezeptur für die Druckvorbehandlung von Wolle mit chlorhaltigen Stoffen

5.6.2 Vorbehandlung ohne chlorhaltige Stoffe

Chemische Komponente	[g Telquel/kg Textilsubstrat]	Erläuterung
Peroxomonosulfat	20 - 60	
Natriumsulfit oder -dithionit	20 - 60	
Tenside	2 - 5	
Polymere (100%)	10 - 30	Meist kationisch, aber auch Klotzen von anionischen Polymeren ist üblich. Kationische oder anionische Polymere werden auch ohne Voroxidation angewandt.
Wasserverbrauch [l/kg Textilsubstrat]	?	

Tabelle 5.7: Rahmen-Rezeptur für die Druckvorbehandlung von Wolle ohne chlorhaltige Stoffe

6 Literatur

[UBA, 1994]
 Schönberger, H.; Kaps, U.
 Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie
 UBA-Texte 3/94 (1994)

GLOSSAR

Allgemein

ABA	Abwasserbehandlungsanlage
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf in fünf Tagen
BVT	Beste Verfügbare Technik
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DFZ	Durchsichtsfarbzahl
DN/N	Denitrifikation/Nitrifikation
FV	Flottenverhältnis [l/kg]
L	Leitfähigkeit
NF	Nanofiltration
Q _{AW}	Abwassermenge
SAK	Spektraler Absorptionskoeffizient
SMe	Schwermetalle
T	Temperatur
TOC/DOC	Gesamter/gelöster organischer Kohlenstoff
TVB	Textilveredlungsbetrieb
TS	Trockensubstanz
UF	Ultrafiltration
UO	Umkehrosmose
VOC	Flüchtige Kohlenstoffverbindungen

Einheiten

°C	Grad Celcius
EURO	Europäische Währung
g	Gramm
J	Joule
h	Stunde
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter (Wasser)
Nm ³	Normier. Kubikmeter (273 K, 1013 mbar)
OU	Geruchseinheit
ppm	parts per million (Teile je Million Teile)
s	Sekunde
t	Tonne (1·10 ⁶ Gramm)
vol%	Volumenprozent
W	Watt
y	Jahr
K	Kelvin
a	Jahr

Einheitenpräfixe

n	nano	1·10 ⁻⁹
μ	mikro	1·10 ⁻⁶
m	milli	1·10 ⁻³
c	centi	1·10 ⁻²
k	kilo	1·10 ³
M	Mega	1·10 ⁶
G	Giga	1·10 ⁹
P	Peta	1·10 ¹²
T	Tera	1·10 ¹⁵

Umrechnungen

2,05 mg NO ₂ /Nm ³	=	1 ppmv NO ₂
2,85 mg SO ₂ /Nm ³	=	1 ppmv SO ₂
1 Watt	=	1 J/s

Elemente

Al	Aluminium
As	Arsen
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlor
Co	Cobalt
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
Fe	Eisen
F	Fluor
Hg	Quecksilber
K	Kalium
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
Na	Natrium
Ni	Nickel
P	Phosphor
Pb	Blei
Sb	Antimon
Se	Selen
Zn	Zink

Chemische Verbindungen

APEO	Alkylphenoethoxylate
CH ₄	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₃ ²⁻	Carbonat
C _x H _y	Kohlenwasserstoffe
HCO ₃ ⁻	Hydrogencarbonat
HCl	Salzsäure
HF	Flusssäure
H ₂ O	Wasser
N ₂	Molekularer Stickstoff
NH ₃ /NH ₄ ⁺	Ammonium
org. N	organ. gebundener Stickstoff (N _{kj} – NH ₄ ⁺)
N _{kj}	Kjeldahl-Stickstoff
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO _x	Stickoxide
O ₂	Molekularer Sauerstoff
pH	pH-Wert (-log [H ₃ O ⁺])
SO ₂	Schwefeldioxid
SO ₃ ²⁻	Sulfit
SO ₄ ²⁻	Sulfat

Fasern

CA	Celluloseacetat
CO	Baumwolle
CV	Viskose
PAC	Polyacrylnitril
PA	Polyamid
PES	Polyester
SI	Seide
WO	Wolle

Angaben zu Emissionen:

1. Abgasemissionen
 - Masse der emittierten Stoffe bezogen auf das Volumen von Abgas im Normzustand (273K, 1013 mbar) nach Abzug des Feuchtegehaltes an Wasserdampf in den Einheiten [g/Nm³], [mg/Nm³], [µg/Nm³] oder [ng/Nm³]
 - Masse der emittierten Stoffe bezogen auf die Zeit als Massenstrom in den Einheiten [kg/h], [g/h] oder [mg/h]
 - Verhältnis der Masse der emittierten Stoffe zu der Masse der erzeugten oder verarbeiteten Produkte (Emissionsfaktoren) als Massenverhältnis in den Einheiten [g/kg], [mg/kg]
2. Abwasseremissionen
 - Masse der emittierten Stoffe bezogen auf das Volumen an Abwasser in den Einheiten [g/m³], [g/l], [mg/l] oder [µg/l].