

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung	Stand: 06/1999 Bearbeiter: ARCADIS Trischler & Partner Consult GmbH
Referat Altlasten	9: Textilveredlung/Färbereien	Seiten: 19

1. Branchentypisches Schadstoffpotential

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Folgende Richtlinien und Normen, die im Zusammenhang mit der Altlastenproblematik relevant sind, existierten für die Branche Textilveredlung/Färbereien in der DDR.

- TGL 50281/06 Textilprüfung; Bestimmung der Farbechtheit; Wasserechtheit von Färbungen und Drucken bei schwerer Beanspruchung (Juni 1988)
- TGL 50281/73 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Schaumreinigungsechtheit von Färbungen und Drucken (November 1981)
- TGL 50580/01 Textilprüfung; Bestimmung der Wirksamkeit fungizider Veredlung auf textilen Flächegebilden; Bewuchsversuch auf Zeltbahnstoffen (Januar 1986)
- TGL 16-660025 Farbechtheiten von Textilien (Juli 1979)
- TGL 660066 Färben mit Küpenfarbstoffen; Prüfung des Natriumdithionit-Gehaltes (Juli 1965)
- TGL 16-660610/01 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Waschechtheit von Färbungen und Drucken bei mechanischer Wäsche; Übersicht; Allgemeine Forderungen (Dezember 1969)
- TGL 16-660610/06 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Heißwasserechtheit von Färbungen und Drucken (Dezember 1969)
- TGL 16-660615 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Peroxid-Waschechtheit von Färbungen und Drucken (Dezember 1969)
- TGL 16-660616 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Hypochlorit-Waschechtheit von Färbungen und Drucken (Dezember 1969)
- TGL 16-660619 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Farbechtheit von Färbungen und Drucken gegenüber gechlortem Wasser (Dezember 1969)
- TGL 16-660623 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Lösungsmittlechtheit von Färbungen und Drucken (April 1973)
- TGL 16-660624 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Trockenreinigungsechtheit von Färbungen und Drucken (April 1973)
- TGL 16-660633 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Peroxid-Bleichechtheit von Färbungen und Drucken (April 1973)
- TGL 16-660634 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Hypochlorit-Bleichechtheit von Färbungen und Drucken bei leichter Beanspruchung (April 1973)
- TGL 16-660635 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Hypochlorit-Bleichechtheit von Färbungen und Drucken bei schwerer Beanspruchung (April 1973)
- TGL 16-660636 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Chlorit-Bleichechtheit von Färbungen und Drucken bei leichter Beanspruchung (April 1973)
- TGL 16-660637 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Chlorit-Bleichechtheit von Färbungen und Drucken bei schwerer Beanspruchung (April 1973)
- TGL 16-660638 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Schwefelchtheit von Färbungen und Drucken (April 1973)
- TGL 16-660646 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Farbechtheit beim sauren Chloren von Wolle (Januar 1978)
- TGL 16-660652 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Farbechtheit gegenüber Chrom(VI)-Verbindungen im Färbebad (Januar 1978)
- TGL 16-660653 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Farbechtheit gegenüber Eisen(III)- und Kupfer(II)-Ionen im Färbebad (Januar 1978)
- TGL 16-660661 Prüfung der Farbechtheit von Faserstoffen und Textilien; Bestimmung der Formaldehydechtheit von Färbungen und Drucken (Oktober 1975).

Folgende DIN-Bestimmungen, Verordnungen und gesetzliche Regelungen sind aktuell und im Hinblick auf die Altlastenbearbeitung zu beachten:

- DIN 64921 Schmierstoffe für Textilveredlungsmaschinen
- DIN 54295 Textilfärberei; Begriffe
- DIN 60012 Arbeitsgänge in der Flachsspinnerei

- DIN 60013 Arbeitsgänge in der Jutespinnerei
- DIN 60305 Arbeitsgänge im Baumwoll-Spinnverfahren
- DIN 60412 Arbeitsvorgänge in der Streichgarnspinnerei
- DIN 60415 Arbeitsgänge in der Wollwäscherei und Wollkämmerei
- DIN 60416 Arbeitsgänge in der Kammgarnspinnerei
- DIN 60916 Arbeitsvorgänge in der Zwirnerei
- DIN 61040 Arbeitsvorgänge; Weben
- DIN 61703 Arbeitsgänge in der Textilveredlungsindustrie für lose Spinnstoffe und Gespinste
- DIN 61704 Arbeitsgänge in der Textilveredlungsindustrie für Gewebe, Gewirke und Gestricke
- DIN 53904 Prüfung von Textilhilfsmitteln; Bestimmung der Auswaschbarkeit von Schälzmitteln
- DIN 53908-1 Prüfung von Tensiden und Textilhilfsmitteln; Bestimmung des Dispergiervermögens oder Flockungsschutzvermögens von Tensiden gegenüber Farbstoffen in saurem Medium
- DIN 53988-1 Prüfung von Tensiden und Textilhilfsmitteln; Prüfung der Wirkung von Egalisierungsmitteln bei Küpenfärbungen auf Cellulosefasern, Prüfung der Ausgleichwirkung (Ausgleichtest) im Färbebad
- DIN 53992 Prüfung von Textilhilfsmitteln; Prüfung des korrosionshemmenden Verhaltens von Spulölen
- DIN 54289-1 Prüfung von Tensiden und Textilhilfsmitteln; Prüfung der Wirkung von Färbebeschleunigern beim Färben von Polyester-Textilien mit Dispersionsfarbstoffen
- DIN 60000 Textilien; Grundbegriffe
- DIN 60021 Erzeugnisse der Spinnerei-Vorbereitung und Vorspinnerei; Begriffe
- DIN 61040 Textilmaschinen - Arbeitsvorgänge an Webmaschinen
- DIN 61850 Textilglas und Verarbeitungshilfsmittel; Begriffe.

1.2 Einteilung

Den ständig steigenden Ansprüchen an die Veredlung textiler Erzeugnisse versuchte man durch verschiedenartige natürliche und synthetische Faserstoffe und durch die Vielzahl der zum Einsatz kommenden Farbstoffe und Textilhilfsmittel gerecht zu werden.

Zu den ältesten Farbstoffen gehören wahrscheinlich Krapp als roter und Indigo als blauer Farbstoff, später kamen antiker Purpur, der aus einer Flechtenart gewonnene französische Purpur (Orseille oder Orchilla) und Farbstoffe wie Chochenille und Blauholz (Campecheholz) hinzu. Im 18./19. Jahrhundert entwickelte man synthetische Farbstoffe, z. B. Pikrinsäure durch Oxidation von Indigo. Durch die Entdeckung des Phenols und Anilins kam es zu weiteren Entwicklungen zahlreicher synthetischer bzw. künstlicher Farbstoffe.

Bis zur Erreichung eines hochwertigen veredelten, gefärbten und entsprechend ausgerüsteten textilen Erzeugnisses (Bügelfreiheit, Griff etc.) sind folgende prinzipielle Verfahrensschritte notwendig:

- Vorbehandlung, Ausrüstung von Fasern, Geweben und Einsatz von Hilfsmittel für die Herstellung und Verarbeitung von Fasern und Geweben
- Textilfärberei
- Textildruck
- Sonstige Betriebsbereiche (Maschinenhaus, Kesselhaus, Werkstätten).

1.3 Technologie

1.3.1 Vorbehandlung, Ausrüstung, Einsatz von Hilfsmittel für die Herstellung und Verarbeitung von Fasern und Geweben

Die Fasern werden für eine einwandfreie Weiterverarbeitung vorbehandelt, um eine spinntechnische Verarbeitung zu ermöglichen.

Unter Vorbehandeln versteht man das Vorbereiten des Textilgutes für nachfolgende Veredlungsvorgänge, wie Ausrüsten, optisches Aufhellen, Färben und Drucken.

Ziel dieser Vorbehandlung ist die Entfernung störender Begleitstoffe. Folgende Arbeitsgänge sind hierunter zu verstehen:

- Benetzen des Textilguts mit der chemikalienhaltigen Flotte
- Entfernen von oberflächlich anhaftenden Begleitstoffen (Schmutz, Wachse, Fette)
- Aufbau/Entfernen von Schlichte (bei Webware)

- Quellen der Faser (insbesondere von Naturfasern)
- Extraktion von Begleitstoffen aus dem Faserinnern
- Oxidative und reduktive Zerstörung von farbigen Begleitstoffen
- Entfernen der Extraktions- und Reaktionsprodukte.

Für Ausrüstungsverfahren gilt, daß das zur Verarbeitung gelangende Textilmaterial von Fett, Öl und Schmutz weitgehend befreit wird.

Im einzelnen sind zur Ausrüstung der Textilien folgende Arbeitsschritte zu nennen:

- Schmelzen
- Schlichten
- Entschlichten
- Waschen von Wolle
- Walken von Wolle
- Karbonisation
- Chlorieren der Wolle
- Mottenechte Ausrüstung der Wolle
- Entbasten der Seide
- Erschweren der Seide
- Benchen, Abkochen
- Mercerisation
- Bleiche
- Appreturverfahren.

Im folgenden wird nur auf die aus Altlastensicht relevanten Arbeitsschritte eingegangen.

Schmelzen

In der textilen Verarbeitung verwendete Mittel, die zur Unterstützung der Verarbeitbarkeit von Fasern zu Garn oder von Garnen zu Flächengebilden dienen, werden als „Avigagemittel“ bezeichnet. Ölhaltige Avigagemittel zur Verarbeitung von Faserflocken, insbesondere von Wolle und Zellwolle, bezeichnet man als Schmelzen bzw. Schmelzmittel. Als Schmelzmittel für Wolle, Baumwolle und Zellwolle werden neben pflanzlichen Ölen Mineralöle verwendet, denen man Antioxidantien (z. B. β -Naphthol) zusetzt.

Zur Verbesserung des Laufverhaltens von Garnen auf Strick- und Wirkmaschinen werden Praraffinierungsmittel und Spulöle (im wesentlichen Mineralöle) aufgetragen. Neben den Gleitmitteln dienen Emulgatoren und Antistatika als Präparationen.

Da das Emulgieren der Schmelzen mehr oder weniger schwierig ist, werden fertige Schmelzen geschaffen, die die Anwendung der Schmelzöle erleichtern.

Nachfolgend werden z. B. einige in der DDR üblichen Handelsprodukte genannt.

Tab. 1: Handelsprodukte

Produkt	Anwendung	Rohstoffbasis
Stenolat R 60 (TGA 1537, 1541, 1572)	4 bis 6%	Mineralöl und Emulgator
Präparation R 88 (TGA 1537, 1541, 1572)	für Altmaterial 2 bis 8% für Zellwolle 2 bis 4%	Mineralöl und Emulgator
Avirol DS (TGA 1577)	in der Reißerei und Spinnerei	Mineralöl und sulfoniertes Öl
Fluval L, hochkonz.	für Wolle, Baumwolle, Zellwolle	Äthylenoxydabkömmling
Spinnöl (7095)	für Streichgarn 3 bis 5% für Kammgarn 0,5 bis 1%	Mineralöhlhaltiges Spezialprodukt

Schlichten/Entschlichten

Schlichtemittel dienen zur Behandlung von Kettfäden insbesondere in Baumwollgeweben. Weil diese in besonderer Weise beim Webvorgang belastet werden, müssen sie mit einem Schutzfilm überzogen werden, der sogenannten Schlichte. Nach der Herstellung des Rohgewebes hat die Schlichte ihre Aufgabe er-

füllt und wird, da sie bei der weiteren Verarbeitung stört, ausgewaschen oder ggf. durch Lösungsmittel entfernt (Entschlichtung).

Arten von Schlichten:

- Steifungsschichten - hierzu verwendet man native und synthetische Kolloide. Native Kolloide sind Stärke, Leim, Gelatine, Kasein, Eiweiß und Pflanzenschleime. Synthetische Kolloide sind polymere Produkte (Kunstharze), Zelluloseabkömmlinge. Unter diesen sind vor allem Polyacrylate und Polyvinylalkohole mengenmäßig von Bedeutung. Sonstige synthetische Schlichten sind Maleinsäureanhydrid-Copolymere, Vinylacetat-Copolymere, Polykondensate auf Polyesterbasis.
- als Ölschichten verwendet man trocknende und halbtrocknende Öle (z. B. Leinöl)

Den Schlichtemitteln werden verschiedene Additive zugesetzt, u. a.:

- Viskositätsregler, wie z. B. Oxidationsmittel, Borax
- Schlichtfette, wie z. B. sulfatierte Fette und Öle, Fettalkoholsulfate, Ethylenoxid sowie Polyethylenglykole unter Zusatz von Tensiden
- Netzmittel, neben Seifen z. B. sulfierte Öle, Fettalkoholsulfate, aromatische Sulfonate, Alkylarylethoxylate unter Zusatz von Tensiden
- Entschäumer, diese werden oft bei Zugabe von Netzmitteln oder bei Verwendung schäumender, emulgatorhaltiger Schlichtemittel erforderlich. Als Entschäumer werden aromatische Alkohole mit 5 bis 8 C-Atomen im Alkylrest, Phosphorsäurebutylester sowie Amide oder Ester von Fettsäuren verwendet.

Schlichteflotten, die längere Zeit gelagert werden und biologisch abbaubare Komponenten wie Stärke-Schichten enthalten, müssen zum Teil durch Konservierungsmittel mit fungizider und bakterizider Wirkung stabilisiert werden. als Konservierungsmittel werden u. a. Kupfersulfat, Borsäure, Formalin, Salicylsäure, Benzoesäure, halogenierte Phenole und Kresole sowie Pentachlorphenol verwendet.

Die Verfahren zum Entfernen der Schlichten als „Entschlichtung“ hängen von der Art der verwendeten Schlichten ab. Während synthetische Schlichten und modifizierte Naturschlichten im Wasser quellen und leicht abzulösen sind, müssen Stärkeschichten erst löslich gemacht werden. Als Hilfsmittel dazu werden Netzmittel zum Auslösen der Quell- und Lösungsvorgänge, Waschmittel zum Emulgieren der wachs- und ölhaltigen Auflagen des Gewebes sowie Enzyme oder Oxidationsmittel zum Schlichteaufschluß benötigt.

Verstärkte Bedeutung gewinnen Reinigungsverfahren unter Verwendung von Chlorkohlenwasserstoffen. Diese werden eingesetzt beim Vorreinigen (Entfernen von Spinnpräparationen, Spulölen u. a.) beim Schlichten und Entschlichten mit vollsynthetischen Schlichten behandelter Polyester sowie beim Nachreinigen und Ausrüsten.

Schlichten auf der Basis von Kunstharzen lassen sich durch heißes bis kochendes Wasser entfernen. Ölschichten bereiten zum Teil Schwierigkeiten bei der Entfernung. Das besonders bei verharzten Leinölschichten sich bildende Linoxyn ist sehr hydrophob und läßt sich nur durch Lösungsmittel entfernen.

Lösungsmittel für Linoxyn sind:

- Alkohole
- unsubstituierte Kohlenwasserstoffe
- Chlorkohlenwasserstoffe
- Ketone.

Karbonisation

Die Entfernung von Vegetabilen (pflanzliche Bestandteile) in Wolle sowie die Entfernung von Cellulosefasern bei der Aufbereitung von Reißwolle aus Spinnereiabfällen wird als „Karbonisation“ mittels Säurebehandlung (Schwefel-, Salzsäure) bezeichnet. Bei der Wiedergewinnung von Wolle aus Lumpen wird Salzsäure, bei der Karbonisierung von Wolle/Synthesefaser-Gemischen Aluminiumchlorid verwendet.

Mottenechte Ausrüstung der Wolle

Aus altlastenrelevanter Sicht ist u. a. der Einsatz von Kontaktinsektiziden, wie DDT-Präparate, zu nennen.

Mercerisation

Die Behandlung von Baumwolle mit Natronlauge als Mercerisation oder von Baumwolle bzw. Zellwolle mit Natronlauge als Laugieren dient dazu, den Fasern größere Reißfestigkeit, stärkeren Glanz sowie ein besseres Aufnahmevermögen für Farbstoffe zu verleihen. Den Laugen werden Netzmittel zugesetzt. Zu den gängigsten Marktprodukten zählen Schwefelsäurehalbester von aliphatischen Alkoholen, Alkylsulfonate, Etheralkohole und Butylenglykolmonoethylether.

Nachfolgend werden einige, besonders in der DDR eingesetzte Netzmittel für Mercerisation mit Handelsname und Hersteller genannt:

1. Kresol- bzw. phenolhaltige Produkte:
Cottomerpin, Floranit L 140, Floranit HF, Inferol M, Invadin ME, Lemercit, Mercerol C, Tinophen
2. Sulfate niedrig molekularer Alkohole:
Leophen B, Newalol NA, Newalol AKN

Bleiche

Textilgut, insbesondere natürliche Fasern, enthalten stets farbige Begleitstoffe, die durch Waschen und Extrahieren nicht oder nur ungenügend zu entfernen sind. Deshalb wird es meist noch einem Bleichprozeß unter Verwendung oxidativ bzw. reduktiv wirkender Bleichmittel unterzogen. Zu den wichtigsten oxidativ wirkenden Mitteln zählen Natriumhypochlorit, Natriumchlorit und Wasserstoffperoxid. Als Reduktionsmittel verwendet man in der Bleiche hauptsächlich Natriumdithionit, daneben auch Thioharnstoff. Die reduktive Bleiche wird im wesentlichen nur bei Baumwolle eingesetzt.

Appreturverfahren

Man unterscheidet Appreturen mit chemischem und mechanischem Charakter sowie eine Kombination aus beiden Verfahren.

Bei der chemischen Appretur eingesetzte Steifungsmittel ohne waschbeständigen Effekt sind Stärke, Eiweißkörper und Zellosederivate. Steifungsmittel mit waschbeständigem Effekt sind Polyacrylsäureester, Polyvenylacetat u. a. Ferner werden Weichmacher (Seifen, Öle, Fette, Paraffin), Füllmittel (Mineral-salze, z. B. Magnesiumsilikat, Magnesiumcarbonat, Magnesium-, Barium-, Natrium-, Kalziumsulfat) sowie Binde- und Glättmittel (meist Pflanzenschleim, Paraffin, Wachs) eingesetzt.

Für technische Textilien, z. B. Zeltstoffe, Abdeckplanen, Sackmaterialien, Tarn- und Fangnetze, Filze, die den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, hat eine verrottungs- und fäulnisschützende Ausrüstung große Bedeutung. Eine gute Schutzwirkung wird u. a. durch Kupfernaphtenat, Kupfer-8-hydroxychinolin und Pentachlorphenol erreicht.

Zur hygienischen Ausstattung anderer Textilien werden u. a. quaternäre Ammoniumverbindungen sowie Metallsalze eingesetzt, z. B. neben den bereits genannten Kupferverbindungen Tributylzinnoxid, Triphenylzinnchlorid, Zinkdimethyldithiocarbamat, Natriumfluorid, Natriumfluorsilicat, Kaliumbichromat sowie chlorierte Phenole.

1.3.2 Färberei

Färben von Cellulosefasern

Die Aufnahmefähigkeit der textilen Gewebe für Farbstoffe wird durch die beschriebenen Vorbehandlungsmaßnahmen erreicht.

Zum Färben von Cellulosefasern, d. h. Baumwolle, Kapok, Flachs, Hanf, Ramie, Jute und cellulosische Chemiefasern, werden nachfolgend genannte Farbstoffe/Farbstoffgruppen eingesetzt:

- Direktfarbstoffe (Azofarbstoffe)
- Reaktivfarbstoffe (meist Azofarbstoffe, Anthrachinon-Derivate oder Phthalocyanin-Derivate)
- Küpenfarbstoffe
- Schwefelfarbstoffe
- Entwicklungsfarbstoffe

- Beizenfarbstoffe
- Oxidationsfarbstoffe
- Basische Farbstoffe.

Direktfarbstoffe

Direktfarbstoffe (auch Substantivfarbstoffe) lassen sich direkt aus neutraler, wässriger Lösung auf Baumwollfasern aufziehen. Sie bestehen zum größten Teil aus sulfonsäuregruppenhaltigen Azoverbindungen. Meist ist eine Nachbehandlung mit kationischen Verbindungen (z. B. Metallsalzlösungen wie Kupfersulfat, Kupfervitriol oder Kunstharze, Formaldehyd) erforderlich.

Reaktivfarbstoffe

Heute wird Baumwolle meist mit Reaktivfarbstoffen gefärbt oder bedruckt. Diese Farbstoffe enthalten reaktive Gruppen, die mit der Faser eine chemische Verbindung eingehen. Meist handelt es sich um Azofarbstoffe, Anthrachinon-Derivate oder Phthalocyanin-Derivate.

Küpenfarbstoffe

Küpenfarbstoffe sind in Wasser löslich. Durch Reduktion im alkalischen Medium werden sie in lösliche Form gebracht, wobei sie mehr oder weniger ihren Farbton ändern („verküpen“). Durch Reduktion entsteht das wasserlösliche Alkalisalz, der wasserunlöslichen „Küpensäure“. Als Reduktionsmittel wird Natriumdithionit zugesetzt. Daneben enthalten die Färbebäder als Alkali meist Natronlauge, seltener Natriumsulfat oder -chlorid. Die Rückbildung des Pigments in der Faser macht in der Regel den Zusatz eines speziellen Oxidationsmittels erforderlich. Als solches wird neben Wasserstoffperoxid, Natriumperborat, Natriumhypochlorid auch Natriumbichromat verwendet.

Schwefelfarbstoffe

Schwefelfarbstoffe sind zum größten Teil in Wasser unlöslich. Durch Reduktion in alkalischem Medium werden sie in lösliche Form gebracht und nach dem Aufziehen auf die Faser zurückoxydiert, wodurch die endgültige Fixierung der Schwefelfärbungen erfolgt. Nicht fixierter Farbstoff und Reduktionsmittel müssen durch Spülen bzw. Waschen entfernt werden.

Insbesondere in der Stückfärberei war die Oxidation mit Kalium- oder Natriumbichromat allgemein gebräuchlich. Erst in den letzten Jahren wurde zum Teil auf andere Oxidationsverfahren, z. B. mit Wasserstoffperoxid, Natriumperborat, Jodat, umgestellt. Außerdem wurden in der Stückfärberei Phthalogene eingesetzt, die sich als Phthalozyaninkomplexe aus Phthalsäurederivaten und Metallsalzen (Ni, Cu, Co) bei höheren Temperaturen bilden.

Entwicklungsfarbstoffe

Diese Farbstoffe werden nach dem Färben diazotiert und entwickelt. Als erste Komponente dient Naphthol, als Kupplungskomponente dienen entweder Aminobenzol-Derivate, die durch Diazotieren wasserlöslich werden oder die als stabilisierte Diazoverbindungen zum Einsatz kommen. Naphthole sind wasserunlösliche Substanzen, die erst durch Zusatz von Natronlauge als Naphtholate wasserlöslich werden. Bei manchen Naphtholen ist ein Zusatz von Formaldehyd erforderlich.

Beizenfarbstoffe

Das klassische Beizen erfolgt in drei Schritten: Behandlung des Gewebes mit einer metallsalzhaltigen Lösung (z. B. Aluminium-, Chrom-, Kupfer-, Calcium-, Zinn- oder Bleisalze), ein zweites, ammoniakhaltiges Bad und ein Farbbad. Wenn Ammoniak auf das betreffende Metallsalz einwirkt, bilden sich unlösliche Metallhydroxide, die in den Fasern zurückbleiben und mit der Färbelösung reagieren. Dadurch entstehen stabile, unlösliche farbige Verbindungen, die man als „Lack“ bezeichnet.

Oxidationsfarbstoffe

Diese Farbstoffe sind in Wasser unlösliche Farbkörper, ohne Affinität zur Faser. Der Farbstoff sitzt oberflächlich auf der Faser auf, wodurch eine Fixation des Farbstoffes notwendig ist. Zusammen mit dem Farbstoff wird ein Bindemittel auf die Faser gebracht. Bindemittel sind u. a. Kunststoffe, wie Harnstoff-Formaldehyd-Kondensat oder Polyvinyl-Polyacrylderivate, die auf der Faser durch Kondensation oder Polymerisation erzeugt werden. Bindemittel wirken gleichzeitig als Appreturmittel.

Basische Farbstoffe

Die basischen Farbstoffe gehören teils zur Azogruppe, Diphenylmethan- und Triphenylmethan-klasse und teils zur Thiazin-, Oxazin- oder Azingruppe. Es sind in allen Fällen basische Verbindungen, die in Form ihrer Salze zur Anwendung kommen.

Färben von Wolle

Saure Farbstoffe

Hierunter sind alle Wollfarbstoffe zu verstehen, die aus sauren Färbädern aufgefärbt ohne weitere Nachbehandlung ihren endgültigen Farbton ergeben. Saure Farbstoffe besitzen neben der chromophoren Gruppe eine oder mehrere Sulfonsäuregruppen, die mit den basischen Gruppen der Wolle Farbsalze bilden. Die 40°C bis 50°C warme Färbeflotte enthält Schwefelsäure und Glaubersalz oder Essigsäure und Natriumsulfat sowie unter Umständen Ammoniumsulfat bzw. Ammoniumacetat. Da die Farbstoffe nur geringe Löslichkeit in Wasser haben, ist bei kontinuierlichen Färbeverfahren der Zusatz von Farbstofflösemitteln (hauptsächlich niedrige Alkohole, Glykole, nichtionische Tenside) unentbehrlich.

Metallfarbkomplexe/Chromierfarbstoffe

Es handelt sich um Farbstoffe, die zur Bildung von Metallkomplexen befähigt sind. Als Komplexbildner werden vorzugsweise Chrom und Kobalt verwendet.

Reaktivfarbstoffe

Hier handelt es sich ebenfalls um Säurefarbstoffe, meist Azo- oder Anthrachinonverbindungen, die den Farbstoff chemisch an die Wollsubstanz bindet. Beim Färben von Wolle mit den genannten Farbstoffgruppen werden meist Egalisiermittel (Produkte mit Tensidcharakter, häufig Ethyloxylierungsprodukte der Fettamine) verwendet. Die Wirkung der Egalisierhilfsmittel in sauren Färbädern beruht auf einer Verlangsamung des Färbvorganges.

Man unterscheidet faseraffine und farbstoffaffine Egalisierhilfsmittel. Die ersteren besetzen als anion-aktive Körper, bevor die Fixierung der Farbstoffe eingesetzt hat, die farbstoffbindenden basischen Gruppen der Wolle und tauschen ihren Platz nur langsam gegen den aufziehbaren Farbstoff ein. Die letzteren sind vorwiegend nichtionogene Äthylenoxydkondensationsprodukte organischer Oxyverbindungen. Ihre Wirkung besteht in einer Beeinflussung des Verteilungsgrades der in Lösung befindlichen Farbstoffe durch Agglomeration von Farbstoffmolekülen. Aus diesen komplexen Verbindungen werden sukzessive Farbstoffmoleküle zur Salzbildung mit der Wolle abgespalten (zurückhaltende Wirkung).

Färben von synthetischen Fasern

Beim Färben von synthetischen Fasern kommt es auf deren Zusammensetzung an. Für Polyester, Acetate, Triacetate werden hauptsächlich Dispersionsfarbstoffe (nichtionische Farbstoffe) eingesetzt. Acrylfasern werden mit kationischen basischen Farbstoffen (Azogruppe, Diphenylmethan- und Triphenylmethan-klasse, teils Thiazin-, Oxazin-, Azingruppe) gefärbt.

Relevant scheinen die Wirksubstanzen der Färbebeschleuniger (carrier) beim Färben von Polyester/Wolle-Mischungen zu sein. In diesem Zusammenhang werden einige häufig verwendete Substanzen genannt:

o-Dichlorbenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol, o-Phenylphenol, Diphenyl, Diphenylether, Benzoesäuremethyl-, -butyl- und -benzylester, Salicylsäuremethylester, o-Kresotinsäuremethylester, o-Phthalsäuredimethylester, Tetralin, alpha- und beta-Methylnaphthalin, Phthalsäure-N-butylamid, Chlorphenoxyethanol.

Die Handelsprodukte bestehen meist aus Mischungen mehrerer Wirksubstanzen. Als Hilfslösemittel werden Alkylbenzole, Tetralin, Tertachlorethen u. a. verwendet.

Hilfsmittel in der Textilfärberei

Nicht immer gelingt die Färberei auf direktem Weg, so daß Hilfsmittel in der Textilfärberei eingesetzt werden. Folgende relevante Hilfsmittel und deren Wirkstoffe sind zu nennen:

Farbstofflösemittel	- Thiodiglykol, Ethylenglykol, Ameisensäure, Phenole, Methanol
Reserviermittel	- (Faserschutz, Fasern vor Einfärbung schützen) - Polykondensationsprodukte aus Acryl- oder Aklylarylsulfonsäuren mit Formaldehyd
Nachbehandlung, Nachreinigung	- (Entfernen von unfixiertem Farbstoff) - Einsatz von dispergierend wirkenden Tensiden oder Nachwäsche mit organischen Lösungsmitteln, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> · kationische Produkte (u. a. quaternäre Ammoniumverbindungen, Polyamine, Polyethylen-Derivate) · Kondensationsprodukte auf Basis von Formaldehyd · Metallsalze, insbesondere Kupfer- und Chromsalze (u. a. Kupfersulfat, Kaliumbichromat).
Wollschutzmittel	- u. a. Formaldehyd, Ligninsulfonsäuren sowie höhermolekulare Schwefelsäureester und Sulfonsäuren einschließlich deren Salze, z. B. Alkyl- und Alkansulfonate, daneben wasserlösliche Eiweißstoffe und Eiweiß/Fettsäure-Kondensationsprodukte
Farbstoffschutzmittel	- (Verhinderung von Faserschäden) - z. B. Ammoniumverbindungen, Polyphosphate, Chromate, Harnstoffe, Benzolsulfonsäuren-Derivate, aromatische Nitroverbindungen

1.3.3 Textildruck

In coloristischer Beziehung sind verschiedene Druckverfahren gebräuchlich.

Der **direkte Druck** mit farbstoffhaltigen Druckpasten auf entsprechend vorbehandelte, d. h. gut saugfähige und meistens auch gebleichte Textilien ist das gebräuchlichste und auf alle Farbstoffklassen anwendbar. Es bezweckt die mustermäßige Anfärbung des Textilgutes durch Auftragen einer oder mehrerer Druckfarben (Ein- oder Mehrfarbendruck) auf weißgrundige oder hellfarbige Textilien.

Reservedruck wird für Gewebe benutzt. Nach dem Aufdruck von Reservedruckpasten nehmen die bedruckten Stellen entweder bei der späteren Anfärbung des Gewebes in einer Färbeflotte keinen Farbstoff auf (Vordruckreserven), oder die anschließende Entwicklung einer schon auf der Faser befindlichen Farbstoffkomponente zum fertigen Farbstoff wird verhindert (Überdruckreserven).

Die Reservierung kann sowohl auf physikalischem als auch auf chemischem Wege erreicht werden, meistens macht man von beiden Möglichkeiten Gebrauch. Als mechanisch wirkende Reserven (sog. Pappreserven) benutzt man Druckpasten, die hohe Mengen an unlöslichen anorganischen Substanzen, wie Kaolin, Bariumsulfat usw. enthalten; außerdem werden auch Mineralöle, Fette und Wachse verwendet, um die Benetzung an den bedruckten Stellen zu verhindern.

Chemisch wirksame Reservierungsmittel, die vorwiegend in Kombination mit Dämpfverfahren angewendet werden, sind Substanzen, welche mit dem Farbstoff oder einer Farbstoffkomponente reagieren und dadurch die Entstehung einer Färbung an den bedruckten Stellen verhindern. Je nach Farbstofftyp sind es Säuren oder Basen, Reduktions- oder Oxydationsmittel usw.

Beim **Ätzdruck** wird der Farbstoff eines vorher gefärbten Substrates an den bedruckten Stellen zerstört. Zur einwandfreien Lösung von wasserlöslichen Farbstoffen in den Druckpasten werden Farbstofflösemittel zugesetzt. Nach der Farbstofffixierung ist in der Regel eine Nachwäsche zur Entfernung nichtfixierten überschüssigen Farbstoffs erforderlich.

Bei Ätzdruck werden als Ätzreserven u. a. Zinn (II)-Chlorid und Kupferacetat verwendet.

Beim **Pigmentdruck** werden Bindemittel verwendet, die einen auf dem Substrat haftenden Film bilden, der Pigmente und Fasern umhüllt. Als Verdickungssysteme werden Emulsionen verwendet, die aus Emulgatoren, Wasser und Schwerbenzin aufgebaut sind. Später sind aus ökologischen Gründen Verdickungen aus synthetischen Quellkörpern eingesetzt worden. Dabei handelt es sich um Ammoniumsalze hochmolekularer, vernetzter Polycarbonsäure. Druckpasten enthalten 300g/kg Schwerbenzin, früher war der Anteil noch höher. Als Binder werden Mischpolymerisate auf Acryl- oder Butadienbasis verwendet.

Bei **Farbstoffdrucken** auf Cellulosefasern und Wolle werden neben dem Farbstoff und dem Verdickungsmittel den Druckpasten Zusätze zugegeben. Bei Cellulosefasern häufig Natriumformaldehyd-sulfoxylat, Alkalicarbonat sowie als weitere Hilfsmittel hygroskopische und hydrotope Substanzen, gelegentlich auch Drucköle und Entschäumer. Ferner auch Harnstoff, Alkali und Oxidationsmittel. Die Zusammensetzung der Druckpaste und die Ausführung des gesamten Druck- und Fixiervorganges hängen, abgesehen vom Fasermaterial, in starkem Maß von der Art des verwendeten Farbstoffes ab. Es ist daher zweckmäßig, das Bedrucken der einzelnen Fasermaterialien nach den verwendeten Farbstoffklassen und hier jeweils in Direkt-, Ätz- und Reservedruck zu unterteilen.

Bezüglich Wolle enthalten die Druckpasten ein Lösehilfsmittel, meist Harnstoff oder Thioharnstoff, einen Säurespender zur Förderung der Fixierung, geringe Mengen Natriumchlorat sowie Drucköl und Entschäumer. Bei Farbstoffdrucken auf Synthefaser erfolgt eine Vorbehandlung, die Alkalisierung. Die Ware wird in Natronlauge bei Kochtemperatur behandelt, anschließend mit Essigsäure abgesäuert und gespült. Die Druckpatronen enthalten Entschäumer und Drucköl. Je nach verwendeten Farbstoffen muß ein Säurespender (ggf. Mononatriumphosphat) und ein Oxidationsmittel (Natriumchlorat, Natriumsalz der Nitrobenzolsulfonsäure) zugesetzt werden.

1.4 Schadstoffe

Zur Vorbereitung, Herstellung und Verarbeitung von Fasern und Geweben sowie zur Vorbereitung von Farbstoffen und im Färbeprozess selbst kommen die verschiedensten anorganischen und organischen Stoffe zu Einsatz. Durch Handhabungsverluste beim Transport, beim Lagern und bei der Anwendung dieser Stoffe (z. B. Säuren, Laugen, Mineralöle, Benzin, Chlorkohlenwasserstoffe) sind an Standorten der Textilveredlung bzw. der Färbereien Kontaminationen des Bodens und des Grundwassers zu besorgen.

1.4.1 Charakterisierung der vorkommenden Stoffe und Stoffgruppen

Natronlauge, **Schwefelsäure** und **Salzsäure** werden in großen Mengen bei der Faseraufbereitung, bei der Ausrüstung der Textilien und beim Färben eingesetzt.

Mineralöle, die als Spülöle und Schmalzmittel dienen sowie **Benzin** als Reinigungsmittel, fanden breite Anwendung.

Von den LHKW sind **Tetrachlormethan** als Detachiermittel sowie **Tetrachlorethen** (PER) als Extraktionsmittel zu nennen.

Maleinsäureanhydrid (als Schlichte verwendet) sowie **phenol- bzw. kresolhaltige Produkte**, die als Netzmittel den bei der Baumwollaufbereitung verwendeten Laugen zugesetzt werden, sind weitere potentielle Schadstoffe.

Für Konservierungszwecke werden teilweise Stoffe wie **Pentachlorphenol** (PCP), **andere Phenole**, **Formalin** und **Kupfersulfat** eingesetzt. Mögliche Bodenkontaminationen durch diese Stoffe sind hauptsächlich an größeren Betriebsstandorten zu untersuchen. In kleineren Unternehmen sind diese Stoffen aus technologischen Gründen weniger zum Einsatz gekommen.

Die beim Färbeprozess auftretenden relevanten Stoffe sind u. a. **Natrium-**, **Kaliumbichromate**, **Kupfersulfat**, **Natriumnitrit**, **Natriumsulfid**, **Anilin** und **Salzsäure**. In der Schwefelfärberei fallen Abwässer an, die hohe Konzentrationen an Sulfiden enthalten. Bei Leckagen in Leitungs-/Abwassersystemen sind Bodenverunreinigungen zu besorgen.

Die Färbeflotten enthalten zahlreiche Hilfsmittel, die bei einer Altlastenerkundung Berücksichtigung finden sollten - Phenole, Ethylenglykol, Pyridin (zur Synthese von Farbstoffen verwendet), Methanol, Chromate, aromatische Nitroverbindungen.

Bei der für manche Farbstoffe erforderlichen Nachbehandlung ist der Einsatz von **Tetrachlorethen** (PER) zu nennen. Hinzuweisen ist nochmals auf die Färbebeschleuniger (carrier), Abschn. 1.3.2.

Beim Bedrucken textiler Gewebe ist besonders auf die Oxalsäure zu verweisen, auf **Chrom(III)-Salze** beim Einsatz von Chromierungsfarbstoffen sowie auf **Phenole** beim Bedrucken von synthetischen Fa-

sern.

Der Pigmentdruck verwendet in erster Linie Emulsionsdruckpasten vom Typ Benzin-in-Wasser Emulsionsverdickungen. Als Bindemittel kommen praktisch alle Kunstharze in Frage, die in Wasser oder einem organischen Lösungsmittel löslich oder in Wasser dispergierbar sind und filmbildende Eigenschaften besitzen. Als organische Lösungsmittel werden hauptsächlich aliphatische Kohlenwasserstoffe verwendet.

Abschließend ist noch auf den Einsatz von Desinfektionsmitteln (z. B. Kupferverbindungen, chlorierte Phenole) zu verweisen.

Alle vorgenannten Stoffe sind als potentielle Quellen für Boden- und ggf. für Grundwasserverunreinigungen anzusehen.

1.4.2 Zusammenfassung der altlastenrelevanten Stoffe und Stoffgruppen und deren Zuordnung zu Analyseparametern

Tab. 2: Altlastenrelevante Stoffe und Stoffgruppen und deren Zuordnung zu chemischen Analyseparametern

Verfahren	Wirkstoffe/Inhaltsstoffe	Analysenparameter
Hilfsmittel für die Herstellung, Verarbeitung		
1. Vorbehandlung	Formalin, Säuren, Phosphate, Chloride, Mineralöle, Konservierungs-/Desinfektionsmittel (z. B. PCP), Lösungsmittel	EOX/AOX, PCP, Phenole, IR-KW, Phosphat (bei erhöhten EOX/AOX-Werten Einzelstoffanalytik)
2. Ausrüstung	Säuren, Phosphate, Chloride, Bor, Konservierungsmittel (Kresole, PCP), Einsatz von Metallsalzen	EOX/AOX, PCP, Phenole, Cr, Cu, (Hg), Bor (bei erhöhten EOX/AOX-Werten Einzelstoffanalytik)
Färben	natürliche Farbstoffe, Teer- und Anilinfarbstoffe, Farbpigmente (Metallverbindungen), Farbstofflösemittel (z. B. Ethylenglykol, Methanol), Hilfslösemittel (z. B. Tetrachlorethen)	Cr, Cu, Zn, Phenole, LCKW, chlorierte Benzolderivate
Textildruck	Säuren, Farbpigmente (Metallverbindungen), Phenole, Mineralöl, Benzin, Lösungsmittel	EOX/AOX, IR-KW, BTEX, Phenole, Cr, Cu, Zn, (bei erhöhten EOX/AOX-Werten Einzelstoffanalytik)
Sonstige Bereiche (Maschinenhaus, Kesselhaus, Werkstätten u.ä.)	Mineralöle, Lösungsmittel, ggf. Hydraulikflüssigkeit, Transformatoröl, PAK (bei Verbrennungsprozessen)	EOX/AOX, IR-KW, PCB, PAK

2. Hinweise zur Altlastenbehandlung

2.1 Altlastenrelevanz

Von Textilveredlungs- bzw. Färbereistandorten geht aufgrund jahrzehntelanger Nutzung, der in der Vergangenheit üblichen Produktionstechnologien, der in großen Mengen verwendeten umweltgefährdenden Stoffe ein hohes Gefährdungspotential aus.

Bei der Faseraufbereitung wurden Laugen und Säuren in beträchtlichen Mengen verwendet. Ebenfalls sind Mineralöle, als Spülöle und Schmelzmittel, Benzin als Reinigungsmittel und chlorierte Kohlenwasserstoffe als Detachier- bzw. Extraktionsmittel eingesetzt worden. Hinzu kommen u. a. Schadstoffe wie Pentachlorphenol, chlorierte Phenole und Kresole, Formalin und Kupfersulfat. Beim Transport, beim Lagern und bei der Anwendung können durch Handhabungsverluste Kontaminationen im **Boden** verursacht worden sein. Beeinträchtigungen der Bodenluft sind durch leichtflüchtige Substanzen, insbesondere LHKW, in fast allen Produktionsbereichen möglich. Die Relevanz einer Bodenluftuntersuchung muß im Einzelfall geprüft werden.

Über große Produktionszeiträume hinweg, bei Einsatz hoher Schadstoffmengen, bei Anwesenheit von Lösungsmitteln und den entsprechenden geologischen und hydrogeologischen Bedingungen können Schadstoffe mit dem Sickerwasser in das **Grundwasser** gelangen. Ebenso können Undichtigkeiten des Abwassersystems zu Boden- und Grundwasserbelastungen geführt haben.

Die Beeinflussung von **Oberflächenwasser** ist im Einzelfall zu prüfen, denn über Leitungssysteme oder Abwassergräben könnte kontaminiertes Abwasser in Vorfluter gelangt sein.

Meist sind nach Stilllegung der Betriebe Emissionen in die Luft vernachlässigbar, ggf. bei Sanierungsarbeiten sind die Gehalte an LHKW im Sinne des Arbeitsschutzes zu prüfen.

Bezüglich der Altlastenrelevanz ist hervorzuheben, daß in der Vergangenheit häufig Färbereien und Chemische Reinigungen an einem Standort tätig waren. In diesem Fall erlangt die mögliche Gefährdung der Bodenluft einen hohen Stellenwert und bei allen weiteren indikativen Untersuchungen ist dieser Tatbestand zu berücksichtigen.

2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

Folgende Schutzgüter können gefährdet sein (Reihenfolge entsprechend der Gefährdung):

- Boden (Bodenluft nur, wenn am Standort eine chemische Reinigung angesiedelt war)
- Grundwasser
- Oberflächenwasser

Menschen, Tiere und Pflanzen sind durch die Nutzung der o. g. Schutzgüter bzw. durch den direkten Kontakt gefährdet.

2.3 Gefährdungsabschätzung nach der Sächsischen Altlastenmethodik

Aufgrund der vorkommenden Schadstoffe ist in jedem Fall für Standorte der Textilveredlung und Färberei eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen.

2.3.1 Verdachtsfallerfassung und Formale Erstbewertung

Die Verdachtsfallerfassung und Erstbewertung erfolgen nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1997) im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA). Folgende Kriterien sind bei Standorten der Textilveredlung/Färberei zu beachten:

(7) **Art der Verdachtsfläche:** Standorte der Textilveredlung/Färberei sind prinzipiell als Altstandorte mit den in Abschn. 1.3 bezeichneten Produktionsbereichen zu bewerten.

(14) Kontaminierte Fläche oder Flächenklasse/mittlere Mächtigkeit: Häufig ist nicht die gesamte Betriebsfläche kontaminiert, so daß die möglicherweise betroffenen Teilflächen zur Kontaminationsfläche zu addieren sind. Hierzu zählen insbesondere Bereiche der Textilverbehandlung und -ausrüstung, Färberei, Textildruck und sonstige Betriebsbereiche (Werkstätten, Maschinenräume usw.). Weiterhin ist die mittlere Mächtigkeit der Kontamination anzugeben.

(15) Volumen: Sofern eine mittlere Kontaminationsmächtigkeit ermittelt werden konnte, ist das Volumen anzugeben.

(18) Sohllage zum Grundwasser: Es ist der Abstand des tiefsten bekannten Schadstoffpunktes zur Grundwasseroberfläche anzugeben. Liegt die Sohle im natürlichen Grundwasserschwankungsbereich, ist „Kontamination reicht ins Grundwasser“ anzugeben. Wenn keine Angaben zur Eindringtiefe der Schadstoffe in Bezug auf die Grundwasseroberfläche möglich sind, ist die Geländeoberfläche als Bezugspunkt zu nehmen. Unterirdische Anlagen, Gruben und Keller sind zu berücksichtigen.

(20 A) Abgelagerte Schadstoffe: Bei den betrieblichen Altablagerungen ist vor allem mit den folgenden Stoffen zu rechnen (Bezeichnung nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1997)).

Tab. 3: Umweltrelevante Abfälle von Standorten Textilveredlung/Färberei

Abfallnummer	Abfallart	Gefährdungsklasse
51000	Oxide, Hydroxide, Salze	35
52000	Säuren, Laugen, Konzentrate	45
53000	Abfälle von Schädlingsbekämpfungsmitteln	55
53103	Altbestände von Schädlingsbekämpfungsmitteln	55
55200	Halogenhaltige organische Lösungsmittel und -gemische	55
55300	Halogenfreie organische Lösungsmittel und -gemische	45
58100	Textilabfälle	34
58115	Schlamm aus Textilfärbereien	44
58116	Schlamm aus Textilausrüstung	44
58117	Schlamm aus Wollwäschereien	44
91100	Hausmüll	33

(20 S) Einordnung nach Branchenschlüssel oder Klassennummer

Tab. 4: Einordnung der Standorte von Textilveredlung/Färberei in Branchennummer, Branche und Gefährdungsklassen

Branchennummer	Branche	Gefährdungsklasse
0865	Bereich Textilverarbeitung	25
0870	Textilgewerbe - Aufbereitung	35
0880	Textilgewerbe - Färberei	35
0890	Textilgewerbe - Druck	35
0900	Textilgewerbe - Ausrüstung	25

Nach Tabelle 4 wird bewertet, wenn keine konkreten Schadstoffe bekannt sind.

2.3.2 Historische Erkundung und Bewertung (Beweisniveau 1)

Die Historische Erkundung ist nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998a) durchzuführen und nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995b) für Boden, nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995a) für Grundwasser und (nach Veröffentlichung) entsprechend nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung a) für Oberflächenwasser zu bewerten.

Zugehöriges EDV-Programm: GEFA V3.0 nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1996a und b).

Es ist zu empfehlen, den Standort in mehrere Teilflächen entsprechend der Technologie/Arbeitsschritte zu unterteilen und diese getrennt zu bewerten bzw. zu untersuchen. Wichtig sind Recherchen zu Färbe-

und Druckverfahren, Informationen über den Einsatz von Konservierungs- und Desinfektionsmitteln sowie über Produktionszeiträume. Die Informationsdichte und -qualität ist für die Risikobewertung entscheidend.

Stoffgefährlichkeit - r_0

- $r_0 = 4-6$, nach Brancheneinstufung in SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung), letztlich abhängig von den ermittelten Verdachtsstoffen im Rahmen der Historischen Erkundung
- $r_0 = 6,0$, wenn der Einsatz von Pentachlorphenol (PCP) belegt ist. Der Wert von $r_0 = 6$ beruht auf der humantoxikologischen Bewertung von Pentachlorphenol.

Örtliche Bedingungen, m-Werte

Im folgenden werden die schadstoffabhängigen Einflußfaktoren eingegrenzt. Die spezifischen Standortbedingungen sind einzelfallbezogen zu bewerten.

Grundwasser - m_I

- Lage zum Grundwasser: $m_I = 1,2$ (im ungesättigten Bereich); Ausnahme, wenn Anlagen, unterirdische Behälter im Grundwasser oder im Grundwasserwechselbereich liegen
- Oberflächenabdeckung: Bei teilweisen Bewuchs, Abdeckung schadstoffbelasteter Bereiche $\Delta m \pm 0$, sonst $\Delta m = +0,1$ (z. B. unbefestigte Lagerflächen)
- Oberflächenabdichtung: Bei Überdachung, Bebauung, Versiegelung, Schadstoffauswaschungen zum größten Teil verhindert, $\Delta m = -0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$ (unbefestigte Flächen)
- Löslichkeit - Aggregatzustand: Bei flüssigen und leichtlöslichen Schadstoffen (z. B. Laugen, Säuren, Phenole, Mineralöle) $\Delta m = \pm 0$. Bei weniger löslichen Schwermetallverbindungen (z. B. Chrom-III), Einsatz/Verwendung von Naphthalin $\Delta m = -0,3$.

Grundwasser - m_{II}

- Sorbierbarkeit: Bei Stoffgemischen ist der Stoff mit der niedrigsten Sorbierbarkeit (Phenole) für die Gefährdungsabschätzung herauszuziehen, unter Berücksichtigung des Humus- oder Tonanteils. Bei geringen bis mittleren bzw. starkem Humus- oder Tonanteil ergibt sich $\Delta m = \pm 0$ bzw. $-0,1$; PAK, Schwermetalle $\Delta m = -0,1$ bzw. $-0,2$
- Acidität: Bei sauren Verhältnissen und Schwermetallen $\Delta m = +0,1$ sonst $\Delta m = \pm 0$
- Lösungsvermittler sind vorhanden (z. B. LHKW): $\Delta m = +0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$
- Abbaubarkeit: Für einige organische Schadstoffe ist der biologische Abbau möglich (z. B. Phenole) $\Delta m = -0,1$, da vorwiegend Stoffgemische z. T. mit Schwermetallen zu erwarten sind, sonst $\Delta m = \pm 0$

Grundwasser - m_{III}

- Abstandsgeschwindigkeit: Abhängig von der standortspezifischen hydrogeologischen Situation
- Sorption: Bewertung analog m_{II} -Wert in Abhängigkeit vom Ton- und Humusgehalt des Grundwasserleiters
- Abbaubarkeit: Für o. g. Schadstoffe kann ein Abbau auch in der gesättigten Bodenzone stattfinden, ggf. intensiv und in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration: $\Delta m = -0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$.

Grundwasser - m_{IV}

- Aufbereitungsmöglichkeiten: Einige der am Standort vorkommenden Schadstoffe (PAK, ggf. PCP) werden bei der normalen Trinkwasseraufbereitung nicht erfaßt: $\Delta m = \pm 0$
- Verdünnung: Hauptsächlich von der Ergiebigkeit des Grundwasserleiters abhängig, ferner von der Löslichkeit und der Schadstoffkonzentration

Boden - m_I

Fallzuordnung: prinzipiell können alle 4 Fälle (entsprechend Ausbreitung) auftreten, hauptsächlich aber Fall 1: Der zu schützende Boden ist die Altlast selbst; $m_I = 1,0$ sowie Fall 2: Der zu schützende Boden liegt in der Umgebung der Altlast; $m_I = 0,6$

Je nach Fall sind die folgenden Schadstoffeigenschaften zu spezifizieren:

- Abdeckung: s. Grundwasser (m_I -Wert)
- Löslichkeit: Das Spektrum reicht von leicht löslichen bis weniger löslichen Schadstoffen, Säuren, LHKW, verschiedene Phenole: $\Delta m = \pm 0$; sonst $\Delta m = -0,2$ (in Abhängigkeit der Recherche im Rahmen der Historischen Erkundung)
- Sorption: s. Grundwasser, je nach Ton-/Humusgehalt und Schadstoffart: $\Delta m = \pm 0$ bis $-0,1$
- Lösungsvermittler: vorhanden, s. Grundwasser: $\Delta m = +0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$

Boden - m_{II}

Der Schadstoffeintrag ist von den standortspezifischen Bedingungen abhängig und danach zu bewerten.

Boden - m_{III}

- Chemische und mikrobielle Abbaubarkeit: MKW, Phenole, LCKW, BTEX: wesentlicher Abbau möglich, $m_{III} = 0,8$; PAK: eingeschränkte biologische Abbaubarkeit, $m_{III} = 0,9$; Schwermetalle: kein relevanter Abbau möglich: $m_{III} = 1,0$
- Toxische Abbauprodukte: Es ist nicht mit stark toxischen Abbauprodukten zu rechnen: $\Delta m = \pm 0$
- Verweilzeit im Boden: Bei PAK (betrifft auch Naphthalin bei hohen Konzentrationen und z. B. Sauerstoffmangel) und Schwermetallen sehr lange: $\Delta m = \pm 0$
- Sorption/Bindungsstärke:
 - a) Bewertung bezüglich oraler Schadstoffaufnahme: Der ungünstigste Fall muß angenommen werden. PAK, Schwermetalle können an Humus-/Tonbestandteile gebunden werden: $\Delta m = +0,1$
 - b) Bewertung bezüglich Bioverfügbarkeit: Am Standort vorkommende organische Schadstoffe sind mehr oder weniger verfügbar: $\Delta m = \pm 0 \dots -0,1$ (abhängig vom recherchierten Schadstoffpotential); Phenole gut verfügbar: $\Delta m = +0,1$; Die Verfügbarkeit von Schwermetallen ist in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens und der Bindungsstärke zu bewerten.
- beobachtete Wirkung: Bei festgestellten Bodenveränderungen (Verfärbung, Geruch), beeinträchtigtem Pflanzenwuchs: $\Delta m = +0,1$ bis $+0,2$

Boden - m_{IV}

Im Stadium der Historischen Recherche liegen im allgemeinen noch keine indikativen Untersuchungen vor. Nutzungskriterien sind gemäß dem Standort zu bewerten.

2.3.3 Technische Erkundung (Beweisniveau 2 und 3)

Die Orientierende Untersuchung ist nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDES-ENTWICKLUNG (1995a und b) durchzuführen. Prüf- und Maßnahmen- sowie Orientierungswerte sind SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung) zu entnehmen.

Zur qualitativen Erfassung der Kontaminationsschwerpunkte sind neben der Erfassung bodenkundlicher, geologischer und hydrogeologischer Daten chemisch-physikalische Untersuchungen erforderlich.

Die folgenden Tabellen 5 und 6 enthalten das - im konkreten Fall nach den Ergebnissen der Historischen Erkundung anzupassende - Analytikspektrum für Boden und Grundwasser (bzw. Eluat) sowie eine mögliche Parametererweiterung für die Detailuntersuchung (Beweisniveau 3). Spezielle Einzelsubstanzen werden im Stadium der Orientierenden Untersuchung meist noch nicht untersucht. Auf Beweisniveau 2 nachgewiesene Substanzen müssen selbstverständlich bei der Detailuntersuchung weiteruntersucht werden.

Boden

Mittels Bodenproben aus unterschiedlichen Teufenbereichen (zuerst oberflächennah) sind die Kontaminationsschwerpunkte gemäß Abschn. 1.3 zu untersuchen, um das relevante Schadstoffspektrum zu ermitteln und erste Angaben zur räumlichen Verteilung der Schadstoffe zu gewinnen. Die Probenahme ist nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998b) durchzuführen.

Grundwasser

Angetroffenes Schichtenwasser ist nach Möglichkeit mit zu untersuchen.

Bodenluft

Bodenluftuntersuchungen sind in der Regel nicht angezeigt. Sollten sich nach der Historischen Erkundung Anhaltspunkte für Bodenluftmessungen ergeben, sind entsprechende Untersuchungen vorzusehen (ggf. LHKW).

Tab. 5: Physikalisch-chemische Grundparameter für die Orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung

Grundparameter	Boden	Eluat	Grundwasser
Geruch, Farbe, Aussehen	X	X	X
pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit		X	X
Temperatur, O ₂ -Gehalt, Redoxpotential			X
Trockensubstanz	X		
Konsistenz	X		
TOC/DOC	X		X
Gesamthärte			X

Tab. 6: Analysenplan mit branchenspezifischen Parametern für die Orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung

Parameter	Boden	Grundwasser, Eluat	Beweisniveau	Bemerkungen/Hinweise
AOX/EOX	X	X	2	bei erhöhten Gehalten, Einzelstoffanalytik
PAK (EPA)	X	X	2-3	insbesondere Naphthalin relevant
Phenolindex	X	X	2	
Phenole (Einzelsubstanzen)	X	X	3	Phenol, Kresol, PCP
IR-KW	X	X	2	Vorbehandlung, Textildruck, sonstige Betriebsbereiche
LHKW, BTEX	X	X	2	BTEX nur Textildruck oder sonstige Betriebsbereiche
Pestizide (Screening)	(X)	(X)	2-3	aufgrund von Angaben aus Historischer Erkundung entscheiden
Cr _{ges.}	X	X	2	
Cr (IV), Cr (III)	X	X	3	
Cu	X	X	2	
Zn	X	X	2	
Ammonium		X	2	
Phosphat		X	2	
Chlorid		X	2	
Sulfat		X	2	
Sulfit		X	2	
Sulfid		X	2	
Bor		X	2	
Chlorierte Benzolderivate	(X)	(X)	3	Konservierung, Reinigungsmittel in der Färberei

Entscheidend für eine Sanierung können am Standort Textilveredlung/Färbereien erhebliche Kontaminationen des Bodens und des Grundwassers durch Schwermetalle, verschiedene Lösungsmittel (LHKW, chlorierte Benzolderivate), Phenole, IR-KW, PAK bzw. weitere verschiedene Stoffe, die im Rahmen der Konservierung/Desinfektion eingesetzt wurden, sein.

Die Bewertung in der Stufe Detailuntersuchung hat nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung b) zu erfolgen.

2.4 Sanierung

Für die Sanierung von Standorten der Textilveredlung/Färbereien sind nachfolgende Verfahren geeignet, wobei Verfahrenskombinationen denkbar sind.

Die Wahl des Sanierungsverfahrens muß jeweils für den Einzelfall getroffen und angepaßt werden. Die vorgeschlagenen Varianten sind nur im Grundsatz übertragbar.

2.4.1 Boden

Auf die Möglichkeit Bodenaushub und Deponierung soll nicht weiter eingegangen werden.

In praktisch allen Fällen ist eine Oberflächenabdichtung/-versiegelung möglich. Als ausreichende Sanierungsmaßnahme ist sie nur diskussionswürdig, wenn der Kontaminationsherd keinen Grundwasserkontakt hat und evtl. seitliche Gasmigrationen nicht zu besorgen sind.

- Bereiche mit hohen Schwermetallbelastungen können durch **Bodenwäsche** gereinigt werden. Chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsverfahren führen nicht immer zum gewünschten Ergebnis (z. B. Feinkorn wird nicht erfaßt, belastete Reststoffe).
- **Immobilisierung**; die Schadstoffe (Schwermetalle, PAK, MKW) werden fest gebunden (fixiert) und können daher nicht in das Grundwasser oder auch in Pflanzen übertreten. Ziel ist es, eine drastische Herabsetzung der Löslichkeit in Wasser oder schwachen Säuren zu erreichen bzw. auch die Durchlässigkeit des Bodens herabzusetzen. Die Wahl des geeigneten Verfestigungsverfahrens ist um so schwieriger, je größer die Zahl der Schadstoffkomponenten ist.
- CKW-Belastungen über **Bodenluftabsaugung** sanieren
- **Mikrobiologische Verfahren**; sukzessiver Abbau oder Umwandlung organischer Schadstoffe durch Mikroorganismen. Anwendbar bei MKW, BTEX, Phenolen, z. T. PAK. Vor allem bei Mineralölschäden ist dies eine praktikable Sanierungsmöglichkeit.
- **Thermische Verfahren**; für alle Schadstoffe, insbesondere auch für Pestizide. „Nicht-verbrennbare“ Schwermetalle sind jedoch ein Problem.

2.4.2 Grundwasser

Die für eine Grundwassersanierung relevanten Schadstoffe sind vor allem Schwermetalle, PAK, Phenole, LHKW.

- **Hydraulische Verfahren** zur Grundwassersanierung; gezielte Beeinflussung der geohydraulischen Verhältnisse durch Pump- und Versickerungsbrunnen, oberirdische Wasserreinigung mit verschiedensten Verfahren (z. B. bei anorganischen und organischen Mischkontaminationen - ein Modul chemische Fällung und ein Modul mit Adsorption). Voraussetzung für wirksame hydraulische Maßnahmen ist die genaue Kenntnis der Schadstoffverteilung und -bewegung im Untergrund. Vorteilhaft ist auch die Kombination hydraulischer Maßnahmen mit Abschirmungen (Oberflächenabdichtung, Dichtwände). Ebenso ist eine Kombination von hydraulischen Verfahren mit mikrobiologischen Maßnahmen möglich. Bei hydraulischen Maßnahmen sind lange Laufzeiten, entsprechender Kontrollaufwand zu berücksichtigen.
- Kamen bisher bei der Sanierung von Grundwasserkontaminationen häufig klassische hydraulische Verfahren zum Einsatz, so werden heute häufig passive Verfahren benutzt (**permeable reaktive Wände** und **Funnel-and-Gate**). Schadstoffgruppen wie z. B. PAK, PCB, BTEX, MKW, LHKW und verschiedene Metalle können mittels dieser Verfahren eliminiert werden (SCHAD (1996) und TerraTech 4/98).

2.4.3 Anbieter von Leistungen zur Altlastenbehandlung

Firmen und Einrichtungen, die sich mit der Behandlung von Altlasten beschäftigen, sind dem Anbieterverzeichnis von Leistungen zur Altlastenbehandlung im Freistaat Sachsen zu entnehmen. Informationen aus diesem Verzeichnis sind über die IHK- Niederlassungen Sachsens bzw. deren Internet-Adressen erhältlich:

- <http://www.chemnitz.ihk.de>,
- <http://www.leipzig.ihk.de> und
- <http://www.dresden.ihk.de>.

Weiterhin sind in Fachzeitschriften (z.B. Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie, Wasser & Boden, Korrespondenz Abwasser, Umwelt News, Altlastenspektrum, Altlasten-Aktuell), Publikationen über innovative Altlastenbehandlungen und Anbieter von Leistungen zur Altlasten-behandlung recherchierbar

Bundesweite Angaben enthält das „Technologieregister zur Sanierung von Altlasten“ (EDV-Programm TERESA, UMWELTBUNDESAMT (1997)). Aktuelle Informationen sind auch über den Ingenieurtechnischen Verband Altlasten (ITVA) erhältlich.

Abfalltechnische Behandlungsanlagen (thermische, biologische und chemisch-physikalische Bodenbehandlungszentren) sind im „Abfalltechnischen Anlagenkataster (ANKA)“ des LfUG sowie in regelmäßigen Publikationen wie der Zeitschrift TERRATECH recherchierbar.

Anbieter von Immobilisierungsverfahren enthält u. a. die LfUG-Publikation „Immobilisierung von Schadstoffen in Altlasten“, SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1996).

In Arbeit ist eine Publikation mit Referenzobjekten zu den branchenbezogenen Altlasten, die im Rahmen des Sächsischen Altlastenfachinformationssystems "SALFA-WEB" im Internet (<http://www.lfug.de>) und auf CD-ROM veröffentlicht werden.

3. Literaturhinweise

AO über die Allgemeinen Leistungsbedingungen für Wäscherei-, Chemisch-Reinigungs- und Färbereileistungen für die Bürger

AUTORENKOLLEKTIV (1981): Wissenschaftlich-technischer Fortschritt in der Textilindustrie - Textilveredlung, VEB Fachbuchverlag, Leipzig

BERNHARD, W. (1970): Bleichen und Färben von Textilien, 2. Auflage, Berlin

BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBodSchV) vom 12.07.1999: Bundesgesetzblatt; Jahrgang 1999 Teil I Nr. 36, ausgegeben zu Bonn am 16.07.1999:

DANIEL, B., GIHR, R., GRAMATTE, A. U. A. (1990): Altlastenanalytik - Parameterliste zur branchenspezifischen Auswahl von Analysenparametern für Altstandorte; Angewandter Umweltschutz, ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg/Lech

FETT-CHEMIE UND FEWA-WERK VEB CHEMNITZ (1952): Führer durch unsere Textilveredlungsmittel, 3. Auflage

GESETZ ZUM SCHUTZ DES BODENS (BBodSchG) vom 17.03.1998: Bundesgesetzblatt; Jahrgang 1998, Teil I Nr. 16, ausgegeben zu Bonn am 24.03.1998:

KNOCH, H. U. A. (1995): Literaturstudie zur Ableitung von Bodengrenzwerten für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Umweltbundesamt, UBA-Texte 71/95, Berlin

KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (1989): Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaft, Essen

MELZER, G. (1956): Handbuch für die textile Naßveredlung, VEB Verlag Technik, Berlin

MÖLLER, W. (1998): Bau einer „Reaktiven Wand“ als F+E-Vorhaben in Rheine; TerraTech, Zeitschrift für Altlasten und Bodenschutz, 04/98, Mainz

OFFHAUS, E. & GENEST, W. (1978): Handbuch gefährliche Stoffe in Sonderabfällen, Umweltbundesamt, Berlin (Materialien 5/78)

ROTH, L. (1989): Wassergefährdende Stoffe, ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Karlsruhe

SÄCHSISCHES GESETZ- UND VERORDNUNGSBLATT, Hrsg. von der Sächsischen Staatskanzlei, Nr. 9/1999 vom 15.06.1999: Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (SächsABG) vom 31.05.1999

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1995): Verzeichnis der Anbieter von Leistungen zur Altlastenbehandlung im Freistaat Sachsen, Radebeul

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1996): Immobilisierung von Schadstoffen in Altlasten. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Bd. 1/1996, Dresden

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998a): Historische Erkundung von Altlastverdachtsfällen. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 4, Dresden

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998b): Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 3, Dresden

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung): Handhabung von Orientierungswerten sowie Prüf- und Maßnahmenwerten zur Gefahrenverdachtsermittlung für die Altlastenbehandlung in Sachsen, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995a): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995b): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4, Dresden.

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995c): Empfehlung zur Handhabung von Prüf- und Maßnahmenwerten für die Gefährdungsabschätzung von Altlasten in Sachsen. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 2, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1996a): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser. Anlage 7: Schadstoffpfad Grundwasser; Merkmale, Tabellen und Regeln für die Gefährdungsabschätzung mit dem Programm GEFA. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, Anlage 7, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1996b): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden. Anlage 7: Schadstoffpfad Boden; Merkmale, Tabellen und Regeln für die Gefährdungsabschätzung mit dem Programm GEFA. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, Anlage 7, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1997): Erfassung von Verdachtsfällen und Formale Erstbewertung. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 2, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1999): Sanierungsuntersuchung, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 8, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung a): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 5, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung b): Detailuntersuchung. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, Dresden

SCHAD, H. (1996): Prinzip und Vorteile von passiven Systemen zur Grundwassersanierung. - Tagungsband zum Workshop: Passive Systeme zur in situ-Sanierung von Boden und Grundwasser im Mai 1996, Dresden

SCHMIDT, GERHARD, H. (1986): Pestizide und Umweltschutz, Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig

ULLMANN (1974-1983): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage, Bd. 22 „Textildruck“, „Textilfärberei“, Bd. 23 „Textilhilfsmittel“, Weinheim

UMWELTBUNDESAMT (1985): Substitution umweltgefährdender Stoffe - Möglichkeiten, Probleme, Beispiele, UBA-Texte 12/85, Berlin