

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Referat Grundwasser, Altlasten	Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung 10: Lederverarbeitung/Gerbereien	Stand: 12/2009 Bearbeiter: ARCADIS Trischler & Partner Consult GmbH 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 Lederverarbeitung/Gerbereien in der DDR.

- TGL 37279 Prüfung von Leder und Lederfaserwerkstoffen; Prüfung auf lösliche Chromverbindungen (November 1979)
- TGL 0-53303 Prüfung von Leder; Probenahme (Oktober 1970)
- TGL 9695 Chemisch-technische Erzeugnisse; synthetische Gerbmittel (Dezember 1974)
- TGL 10444 Gerbstoffe; Basochrom und Basochrom-Lauge (März 1988)
- TGL 11800 Chemisch-technische Erzeugnisse; Fettungsmittel für die Lederherstellung und Rauchwarenveredlung; Prüfung (Dezember 1985)
- TGL 18326 Enzymatische Beizmittel auf Pankreasbasis für die Lederindustrie (Dezember 1977)
- TGL 29697 Haushaltchemische Erzeugnisse; Lederfette und Lederöle (Juli 1974)
- Giftgesetz vom 07.04.1977
- 1. DB zum Giftgesetz BGL I Nr. 21, S 275 u. 2. DGB vom 16.08.1984 GBL SDr. Nr. 1192 - Ergänzung (§ 10, Abs. 2).

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

- DIN 53345-1 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Probenahme
- DIN 53345-2 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Kennzeichnung der ionischen Ladung
- DIN 53345-3 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Bestimmung des Gehaltes an Wasser und wasserlöslichen Lösungsmitteln
- DIN 53345-4 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Bestimmung des Gehaltes an wasserdampfflüchtigen, nicht mit Wasser mischbaren Lösungsmitteln
- DIN 53345-5 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Bestimmung des Gehaltes an fettenden Substanzen und Mineralstoffen
- DIN 53345-6 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Bestimmung des pH-Wertes in wässriger Emulsion oder Lösung
- DIN 53345-7 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Bestimmung des Restfettgehaltes von Lickerflotten
- DIN 53345-8 Prüfung von Lederfettungsmitteln; Analytische Verfahren, Prüfung auf Elektrolytbeständigkeit
- DIN 53346 Prüfung von Pelzfettungsmitteln; Analytische Verfahren; Prüfung auf Elektrolytbeständigkeit
- DIN 53302-1 Prüfung von Leder; Probenahme; Probenahme für physikalische Prüfungen
- DIN 53302-1 Prüfung von Leder; Probenahme für chemische Prüfungen
- DIN 53303-2 Prüfung von Leder; Probenvorbereitung, Zerkleinern von Probestücken und Herstellen einer Durchschnittsprobe für chemische Analysen
- DIN 53306 Prüfung von Leder; Bestimmung des Gehaltes an durch Dichlormethan extrahierbaren Bestandteilen
- DIN 53307 Prüfung von Leder; Bestimmung der Gehalte an auswaschbaren organischen und anorganischen Stoffen (Auswaschverlust)
- DIN 53308 Prüfung von Leder; Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes und des Gehaltes an Ammoniumsalzen, Berechnung der Hautsubstanz
- DIN 53309 Prüfung von Leder; Bestimmung des Chromoxidgehaltes
- DIN 53310 Prüfung von Leder; Bestimmung des Gehaltes an wasserlöslichen Magnesiumsalzen (Bittersalz)
- DIN 53312 Prüfung von Leder; Bestimmung von pH-Wert und Differenzzahl eines wässrigen Lederausuges
- DIN 53313 Prüfung von Leder - Bestimmung des Gehaltes an Pentachlorphenol
- DIN 53314 Prüfung von Leder - Bestimmung des Chrom(VI)-Gehaltes in Ledern

- DIN 53315 Prüfung von Leder - Bestimmung des Formaldehyd-Gehaltes in Leder
- DIN 53316 Prüfung von Leder - Nachweis bestimmter Azofarbstoffe in Leder
- DIN EN 12987 Leder - Chemische, physikalische und mechanische Prüfungen und Echtheitsprüfungen, Probenahme; Deutsche Fassung prEN 12987:1997
- Chemikaliengesetz vom 01.01.1982 (BGBl. 1980, Teil I, S. 1718-1728), geändert am 14.03.1990 (BGBl. S. 521)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 26.08.1986 (BGBl. I, S. 1470)
- Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz – Anwendungsverordnung) vom 27.07.1988 (BGBl. I, S. 96)
- DDT-Gesetz (BGBl. I, S. 1385) vom 07.08.1972
- Tensidverordnung - Wasch- und Reinigungsmittelgesetz vom 01.01.1987 (BGBl. I, S. 876)
- Pentachlorphenol-Verbotsordnung (BGBl. Nr. 59, 1989, S. 2235-2236)
- Pflanzenschutzmittel-Verordnung (BGBl. I, S. 1754) vom 28.07.1987
- Wasserhaushaltsgesetz

1.2 Einteilung

Die Ledererzeugung und -bearbeitung ist eines der ältesten Gewerbe. Besonders im Verlauf dieses Jahrhunderts wurde die Chemie und Technologie der Ledererzeugung intensiv weiterentwickelt.

In den 60er Jahren führte der Konkurrenzdruck des Auslandes zu einer weitgehenden Einstellung der Produktion im Westen Deutschlands, während die Lederindustrie im Osten noch bis Anfang der 90er Jahre ein wichtiger Wirtschaftsfaktor blieb.

Bei der Ledererzeugung (Gerberei) sind zahlreiche Produktionsschritte erforderlich, um die Rohhäute in ein gebrauchsfähiges Produkt zu überführen. Hinzu kommen im Hinblick auf die weitere Verarbeitung des gegerbten Materials Arbeitsschritte zur Veredlung. Die allgemeine Grundeinteilung in Produktionsbereiche für Standorte der Ledererzeugung und -verarbeitung wird nachfolgend benannt, wobei für den Einzelfall zu prüfen ist, ob alle im folgenden genannten Bereiche zutreffen sind (Recherche Produktionsabläufe, Standortgegebenheiten, kontaminationsrelevante Nutzungen):

- Häutelager (auch Konservierung)
- Wasserwerkstatt (Weiche, Äscher, Anschwöde usw., oder auch sog. Vorbehandlung)
- Gerbung
- Veredlung (Färben, Imprägnieren, Lackieren von Leder, Fettzurichtung)
- Klärbecken, Rieselfelder, Abfallablagerungen.

1.3 Technologie

Innerhalb vorgenannter Produktionsprozesse sind verschiedene Arbeitsgänge mit unterschiedlichen Funktionen erforderlich. In der folgenden Tabelle 1 wird der Ablauf der Lederproduktion und weiteren Verarbeitung veranschaulicht.

Tabelle 1: Ablauf der Lederproduktion

Verfahrensschritte		Arbeitsgänge
I. Vorbehandlung	Konservierung der Rohhaut	Fäulnishemmung, Verhinderung von Insektenfraß
	Weiche	Säuberung der Haut von Konservierungsstoffen und Schmutz, Herstellung des natürlichen Quellzustandes der Haut
	Äscher, Anschwöde	Freilegen der Lederhaut (gerbfähiger Teil der Haut)
	Entkälken	Neutralisation der Äscherchemikalien, Beseitigung der Blößenschwellung
	Entfettung	Entfernung von Fetten aus der Haut
II. Gerbung	Vegetabile Gerbung	Konservierung der Lederhaut
	Chromgerbung	
	Kombinierte Verfahren	
III. Veredlung des gegerbten Materials	Farbzurichtung	Färben, Imprägnieren, Lackieren von Leder
	Fettzurichtung	Veredlung des Leders durch natürliche Öle und synthetische Fettungsmittel

1.3.1 Vorbehandlung

Konservierung

Um die Häute vor Fäulnissschäden zu bewahren, müssen sie konserviert werden. Dies geschieht im Wesentlichen durch Trocknung oder Salzkonservierung.

Die Trocknung ist eine einfache und zuverlässige Methode. Getrocknete Häute wurden meist mit Naphthalin bestreut, um sie während der Lagerung und des Transportes gegen Insektenbefall zu schützen. Vereinzelt wurden Fungizide (z. B. PCP), Insektizide (z. B. DDT, HCH) mit verwendet. Gelegentlich wurden die Häute zur Desinfektion auch „arsenifiziert“ (Lösungen mit As_2O_3).

Eine andere Möglichkeit der Konservierung besteht in der Verwendung von Kochsalz. Die konservierende Wirkung des Kochsalzes wurde durch Zusätze, wie Soda, Naphthalin und Naphthalin-Soda-Salz noch verstärkt. Ferner sind auch Zinkverbindungen eingesetzt worden. In STATHER (1957) werden als Zusatzstoffe u. a. auch Bleichlorid, Cadmiumchlorid, Quecksilberchlorid sowie Phenole, Kresole und Lysol genannt. Ferner wurde Pentachlorphenol in großen Mengen zur Lederkonservierung eingesetzt.

Sonstige Konservierungsverfahren, jedoch mit geringerer Bedeutung, sind Konservieren durch Trockensalzen (Kombination vgl. Verfahren), Konservieren durch Pickeln (Zusatz von Kochsalz und Säuren), Konservierung durch Gefrieren und Kühlen, Fett- und Rauchkonservierung.

Weiche

Die Häute werden zunächst gewässert, damit sie ihre ursprüngliche Weichheit wiedergewinnen (sog. „Weichen“). Hier wurde die Reinigung des Rohmaterials vollzogen. Die Reinigung fand in Gruben (aus Stein, Beton, Holz) oder in rotierenden Gefäßen statt.

Die Abwässer der Weiche enthielten Eiweißstoffe bzw. deren Abbauprodukte, Haare, Wolle und z. T. pathogene Mikroorganismen. Hierzu kommen die beim Weichen gelösten Konservierungsstoffe. Undichtigkeiten von Gruben und Gefäßen können zu Boden- und Grundwasserkontaminationen geführt haben.

Äscher / Anschwöde

Mit diesem Verfahren wurde die Oberhautentfernung auf chemischem Wege durchgeführt, d. h. Freilegen der Lederhaut (gerbfähiger Teil der Haut, auch als „Blöße“ bezeichnet).

Als Äscher wurde ursprünglich eine Suspension von gelöschtem Kalk in Wasser verwendet. Um den Prozess zu beschleunigen, wurden später sog. Anschärfungsmittel beigegeben. Im Zeitraum 1900 bis 1930 waren Arsen-, Natrium- und Kalziumsulfid gebräuchlich. Später verwendete man bevorzugt ein Gemisch aus Kalziumhydroxid und Natriumsulfid. Seit den 80er Jahren besteht die Tendenz, das problematische Natriumsulfid durch andere Mittel - Enzympräparate, leicht oxidierbare organische Thioverbindungen, anorganische Peroxide u. a. - zu ersetzen. Die Wirkung dieser Chemikalien wird durch Hilfsmittel verstärkt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um grenzflächenaktive Substanzen, z. B. auf der Basis von Alkylsulfaten oder Ethylenoxid-Derivaten, die ein rasches Eindringen und gleichmäßiges Durchdringen begünstigen.

Neben dem beschriebenen Verfahren werden von STRATHER (1957) noch weitere chemische Äscherverfahren genannt, die aber von geringem Interesse für die Ledererzeugung waren. Hier können ggf. Zusätze von Cyaniden, Rhodaniden, Sulfite und Nitrite zur Anwendung gekommen sein.

Das Anschwödeverfahren hatte die gleiche Funktion wie der Äscher, jedoch bleibt hier das Haar erhalten.

Entkälken

Nach dem Äschern werden die Häute zur Entkalkung (Entkalkung) mit schwachen organischen Säuren (z. B. aliphatische oder aromatische Dicarbonsäuren) oder mit schwach sauren Salzen (z. B. Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid, Polyphosphate) behandelt. Dieser Vorgang wird unterstützt durch Beizpräparate, die meist größere Anteile Ammoniumsulfat und Puffersubstanzen enthalten.

Dieser Vorgang fand in Gruben, in der Haspel oder auch in bewegten Fissanlagen statt.

Entfettung

Bei Hautmaterial mit hohem Naturfettgehalt (z. B. Schaffelle, Schweinhäute) werden, unter Umständen auch erst nach der Gerbung, Entfettungsmittel eingesetzt. Es handelt sich überwiegend um oberflächenaktive Substanzen mit fettemulgierender bzw. -dispergierender Wirkung. Manche Produkte enthalten auch Fettlösungsmittel in Form unchlorierter (z. B. Benzin) und seit ca. 1960 chlorierter Kohlenwasserstoffe. Die entkalkte Haut wird vor dem Einwirken der Gerbstoffe noch mit einem Säure-Salz-Gemisch aus Schwefel- oder Ameisensäure und Kochsalz behandelt (sog. „Pickeln“), da die Gerbstoffe auf neutralem und alkalischem Medium unwirksam bleiben bzw. nur geringe Wirkung entfalten.

In verschiedenen Phasen des Verarbeitungsprozesses werden Konservierungsmittel eingesetzt, um die Häute vor der Gerbung sowie die verwendeten Flotten aber auch feuchtes und fertiges Leder vor Schäden durch Nagetiere, Insekten, Mikroorganismen und Schimmelbefall zu schützen. Als Biozide dienen dabei Produkte auf der Basis von Phenolen, von organischen oder anorganischen Fluor-, Zinn- oder Quecksilberverbindungen, Phosphonium-, Ammonium- oder Sulfoniumverbindungen, Triphenylmethan- oder Harnstoffderivaten und auch chlorierte Kohlenwasserstoffe.

1.3.2 Gerbung

Die Umwandlung der vorbehandelten Haut in dauerhaftes und widerstandsfähiges Leder wird durch Behandlung mit Gerbmitteln erreicht. Zu unterscheiden sind pflanzliche, synthetische, mineralische und Fettgerbmittel.

Vegetabile Gerbung

Früher dominierte die Verwendung pflanzlicher Gerbextrakte („Vegetabile Gerbung“). Als mineralisches Gerbmittel wurde Alaun verwendet. Neben Fettstoffen und Alaun sind die gerbstoffhaltigen Rinden, Früchte, Blätter der Pflanzen die ältesten, aber auch einzigen Gerbmittel, die Gerbung mit pflanzlichen Gerbmitteln ermöglichten und heute noch zum Teil Bedeutung besitzen.

Mit der Einführung der Chromgerbung wurde die vegetabile Gerbung verdrängt. Die Gerbdauer konnte hierdurch deutlich verkürzt werden.

Chromgerbung

Chromgerbstoffe sind die dominierenden Gerbmittel, mit denen Häute und Felle ausschließlich oder in Verbindung mit anderen Gerbmitteln behandelt werden. Im ursprünglich vorherrschenden Einbad-Verfahren wurde Natriumbichromat in Verbindung mit Chromalaun eingesetzt. Das verwendete Zweibad-Verfahren geht zunächst von Natrium- und Kaliumbichromatlösungen aus. In einem zweiten Bearbeitungsgang wird das sechswertige Chrom durch Natriumthiosulfat zum dreiwertigen Chrom reduziert. Gerbwirksam ist nur das dreiwertige Chrom.

Während früher die Chrombrühen meist selbst vom Gerber durch Reduktion aus Alkalibichromaten hergestellt wurden, haben sich später pulverförmige Mittel oder hochkonzentrierte Laugen auf Basis von Chrom (III)-Verbindungen durchgesetzt, die von der chemischen Industrie bezogen werden.

Neben der Chromgerbung und der Gerbung mit pflanzlichen Gerbstoffen haben andere Gerbarten nur geringe wirtschaftliche Bedeutung und werden nur für spezielle Zwecke eingesetzt, so z. B. Aluminiumsalze bei der Glacégerbung und Pelzzurichtung sowie Zirkoniumverbindungen für die Herstellung lichtechter, weißer Leder.

Kombinierte Verfahren

Der größte Teil aller Leder werden durch Kombinationsgerbverfahren hergestellt. Häufig werden kombinierte Mineralgerbungen eingesetzt. Für die Nachgerbung von chromgegerbtem Leder werden Zirkoniumsulfate eingesetzt. Auch Aluminiumsalze werden in Kombination mit Chromgerbstoffen angewendet. Häufig erfolgt auch eine Kombination von Chromgerbung und vegetabiler Gerbung.

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts haben synthetische Gerbstoffe (Syntane), die eine den pflanzlichen Gerbstoffen ähnliche Wirkung haben, zunehmend Eingang in die Lederherstellung gefunden. Sie werden vor allem in Kombination mit pflanzlichen und mineralischen Gerbstoffen eingesetzt. Syntane werden durch Kondensation von Phenolen und sonstigen Aromaten mittels Formaldehyd hergestellt.

Vor allem zur Nachgerbung von Chromleder werden häufig Harzgerbstoffe auf der Basis von Harnstoff- oder Melamin-Derivaten und seit 1950 vor allem auf der Basis von Dicyandiamid-Derivaten benutzt. In Verbindung mit anderen Gerbmitteln wurde häufig Formalin eingesetzt, das heute allerdings weitgehend durch Glutardialdehyd verdrängt wurde.

1.3.3 Veredlung des gegerbten Leders

Zum Färben wurden anfangs Naturstoffe und später fast ausschließlich synthetische Farbstoffe verwendet (Anilin- oder Teerfarbstoffe).

Der Färbeprozess fand in abgeschlossenen Gefäßen, in der Haspel oder im Walkfass, statt.

Die in der Lederindustrie verwendeten Farbstoffe können allgemein wie folgt unterschieden werden (nach KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (1989):

Saure Farbstoffe: Saure Farbstoffe besitzen Sulfonsäuregruppen, die mit den basischen Hautsubstanzen des Leders reagieren und Farbsalze bilden.

Substantive Farbstoffe (Benzidinfarbstoffe): Auch hier handelt es sich um Sulfonsäuregruppen. Diese weisen jedoch höheres Molekulargewicht auf und werden auf der Lederoberfläche gebunden (Oberflächenfärbung).

Basische Farbstoffe: Die Salze dieser Farbstoffe werden durch pflanzliche Gerbstoffe auf die Hautfaser ausgefällt (Farblack).

Metallkomplexfarbstoffe: Es handelt sich um Farbstoffe, die einen Metallatomkomplex gebunden enthalten.

Schwefelfarbstoffe: Schwefelfarbstoffe sind in Wasser unlöslich. Sie müssen in einem starken Überschuss von Natriumsulfid gelöst werden.

Die Anwendungsbereiche der verschiedenen Lederfarbstoffe und Sortimente haben sich verändert. Während saure Farbstoffe nach wie vor eine große Bedeutung besitzen, ist die einstmals vorrangige Bedeutung substantiver Farbstoffe zurückgegangen. Ein Grund dafür ist die Bevorzugung von Braun- und Bunttönen gegenüber dem früher vorherrschenden Schwarz. Basische Farbstoffe waren die ersten synthetischen Farbstoffe. Da sie nur zum Färben pflanzlich gegerbter Leder verwendet wurden, haben sie ihre einstige Bedeutung verloren. Als besonders hochwertige Farbstoffe wurden demgegenüber zunehmend Metallkomplexfarbstoffe eingesetzt. Schwefelfarbstoffe haben, da sie sich nur zur Färbung von Sämischleder und formaldehydgarem Leder eignen, nur geringe Bedeutung.

Andere Autoren, wie STATHER (1957), treffen für synthetische Farbstoffe folgende Einteilung:

- a) Nitro- und Nitrosfarbstoffe
- b) Azofarbstoffe
- c) Diphenyl- und Triphenylmethanfarbstoffe
- d) Chinolin- und Akridinfarbstoffe
- e) Chinoniminfarbstoffe
- f) Schwefelfarbstoffe
- g) Anthrazenfarbstoffe
- h) Indigoide Farbstoffe.

Zur Verbesserung des Aussehens und des Schutzes von Leder werden Appreturen, Deckfarben und Lederlacke aufgebracht. Diese Farbaufträge erfolgten von Hand oder mit Spritzpistolen.

Fettzurichtung

Eine weitere Veredlungsart des Leders ist die Fettzurichtung, die Behandlung mit natürlichen und synthetischen Fettungsmitteln. Hierzu werden Fette, Öle, Wachse pflanzlichen, tierischen, mineralischen Ursprungs sowie synthetische Harze verwendet.

Die Behandlung des Leders erfolgt je nach Art (z. B. Abölen, Schmieren, Fetten im Fass) per Hand oder maschinell.

1.4 Schadstoffe

In der Lederverarbeitung/Gerberei kommen vor allem die Abwässer als Kontaminationsquelle für Boden und Grundwasser in Betracht. Altlastenverdachtsflächen sind Produktionsbereiche, Klärbecken, Rieselfelder und Lagerflächen.

Die Abwässer aus der Vorbehandlung (Konservierung) enthalten Konservierungssalze, ferner Fungizide und Bakterizide. Ein hohes Schadstoffpotential stellen die Äscher-Restbrühen mit hohem Gehalten, insbesondere an Natriumsulfid und Kalziumhydroxid, dar.

Eine weitere altlastenrelevante Komponente des Gerbereiabwassers ist die Restflotte der Chromgerbung. Diese enthält hauptsächlich Chrom (III)-Verbindungen als Reste des Gerbstoffs. Insbesondere in älteren Gerbereien können auch Chrom (VI)-Verbindungen durch Handhabungsverluste bei der Gerbstoffzubereitung in den Boden gelangt sein.

Bodenverunreinigungen können ferner durch das zur Konservierung der Häute verwendete Naphthalin erfolgt sein. Nicht auszuschließen ist, dass mit den beim Zurichten der Häute und beim Enthaaren anfallenden Abfällen Krankheitserreger, z. B. Milzbrandbakterien, in den Boden gelangt sind.

Eine weitere Quelle von Bodenverunreinigungen ist die Färbung von Leder. Insbesondere sind Benzidin-farbstoffe und Chromkomplexfarbstoffe hervorzuheben. Das Färben mit Schwefelwasserstoffen ist hier aufgrund der Verwendung von Natriumsulfid als Lösemittel zu nennen.

Weitere umweltrelevante Stoffe, die in der Ledererzeugung gehandhabt werden, sind:

- Chlorierte und unsubstituierte Kohlenwasserstoffe zur Entfettung von Häuten und Fellen
- Ammoniumsalze beim Entkälken
- Formalin
- Fluorierte organische Substanzen
- Schwermetalle, Lösungsmittel, Lackpigmente bzw. Lackkomponenten, die bei Lackverfahren verwendet werden.

1.4.1 Charakterisierung der vorkommenden Stoffe und Stoffgruppen

Zu den relevanten **anorganischen Elementen** bei der Lederherstellung zählen Arsen, Chrom, Cadmium, Quecksilber, Blei sowie Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink und Zinn. Zu den stark toxischen Elementen zählt das Arsen, welches in Konservierungsstoffen enthalten war, außerdem wurde es zum Äschern der Häute verwendet. Besonders hervorzuheben ist außerdem Chrom, das an Standorten der Lederherstellung in großen Mengen eingesetzt wurde.

Zu den relevanten organischen Stoffen zählt **Naphthalin**, das in großen Mengen zur Konservierung der Häute verwendet wurde. Im Gegensatz zu anderen PAK-Verbindungen besitzt Naphthalin eine gute Wasserlöslichkeit. Damit verbunden ist eine größere Mobilität des Stoffes in Hydro- bzw. Pedosphäre. Naphthalin ist biologisch abbaubar, wenn es nicht in toxischen Konzentrationen vorhanden ist. Bei hohen Konzentrationen und z. B. unter Sauerstoffmangel kann mit hoher Stabilität gerechnet werden.

Möglicherweise relevante **Mikroorganismen** sind die **Milzbrandbazillen**. Sie bilden unter ungünstigen Lebensumständen **Sporen**. Diese Sporen sind kompakt gebaut, fast wasserfrei, haben keinen messbaren Stoffwechsel, sind sehr widerstandsfähig gegen Chemikalien und Hitze und überleben auch den Gerbprozess. Sporen können bei einer Verbesserung der Umweltbedingungen erneut auskeimen und sich vermehren.

Unter Laborbedingungen liegen die rechnerischen Halbwertszeiten von Sporenpopulationen (bei einer Temperatur von 3° C, je nach Feuchtezustand) zwischen 140 und 620 Jahren.

Für die Berücksichtigung und Bewertung des Milzbrandrisikos bei Gerbereistandorten im Rahmen der Altlastenbearbeitung (bzw. der historischen Erhebung altlastenverdächtiger Flächen) ist die Überlebensdauer und das Verhalten unter natürlichen Bedingungen im Boden, Wasser und in der Luft maßgebend.

Der Milzbrand "*Bacillus Anthracis*" ist eine bakterielle Erkrankung der warmblütigen Tiere (vor allem Wiederkäuer) und des Menschen. Beim Menschen treten drei Krankheitsbilder auf: Der Hautmilzbrand, der Darmmilzbrand und der Lungenmilzbrand. Ohne Behandlung mit Antibiotika beträgt die Sterblichkeit bei Hautmilzbrand 20%, bei Lungenmilzbrand und Darmmilzbrand 100 %. Antibiotische Therapien führen nur bei Hautmilzbrand zu einer vollständigen Genesung, bei Darmmilzbrand und Lungenmilzbrand bleibt die Sterblichkeit hoch (RP TÜBINGEN 2004).

Biozid - Lösemittelgemische enthalten als Wirkstoffe Kontaktinsektizide wie DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) und Lindan (γ -Hexachlorcyclohexan), ferner Fungizide wie PCP (Pentachlorphenol). Alle Stoffe wurden zur Konservierung der Häute für Lagerung und Transport eingesetzt. DDT ist von außergewöhnlich hoher Persistenz. Hinzuzufügen ist, dass diese Stoffe/Wirkstoffe in der DDR strengen Anwendungsregelungen (spätestens ab Mitte der 70iger Jahre) unterlagen und nur teilweise zur Anwendung kamen. Anfang der 80er Jahre wurde die DDT-Herstellung auch in der DDR verboten, wurde aber trotzdem noch in begrenztem Umfang eingesetzt (Importe aus der damaligen UdSSR). In der damaligen BRD bestand mit dem Gesetz über den Verkehr mit DDT (07.08.72, BGBl I, S. 1385), zuletzt geändert durch das Pflanzenschutzgesetz, das Verbot für die Herstellung, die Ein- und Ausfuhr, den Erwerb, der Anwendung und dem Inverkehrbringen von DDT. Lindan besitzt eine größere Wasserlöslichkeit als DDT und ist damit leichter verlagerbar. Lindan wird seit 1984 in der BRD nicht mehr produziert und es besteht ein Anwendungsverbot. In der DDR ist es bis in die 80er Jahre eingesetzt worden, aber wie bereits erwähnt unter strengen Anwendungsregelungen. PCP ist in Abhängigkeit vom pH-Wert unterschiedlich gut wasserlöslich, unter aeroben und auch anaeroben Bedingungen mehr oder weniger abbaubar. PCP ist wie die vorgenannten Stoffe ein starkes Gift (Pentachlorphenol-Verbotsordnung (BGBl Nr. 59, 1989, S. 2235 - 2236).

Phenol, Kresol, chlorierte Kresole, p-Nitrophenol sind weitere Stoffe, die zur Konservierung und zur Desinfektion, z. T. auch als Fungizide, zur Lederherstellung eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Wasser-löslichkeit besitzt **Phenol** in Wasser und Boden eine große Mobilität. Unter natürlichen Bedingungen wird Phenol biologisch abgebaut. Die Wasserlöslichkeit kann zum Eintrag in tiefere Bodenschichten bzw. zu Grundwasserunreinigungen führen.

Weitere umweltrelevante Stoffgruppen, die in der Lederverarbeitung zum Einsatz kamen sind:

Amine - Einsatz im Bereich Äscherei/Anschwöde (u. a. Dimethylamin, Ethylendiamin, Piperidin, Hydrazin, Hydroxylamin, Mono- oder Diethanolamin, Harnstofflösungen)

Lösungsmittel (z. B. LCKW) - Einsatz Entfettung der Häute, Metallentfettung, Textilreinigung

Emulgatoren, Tenside - als Entfettungsmittel bei der Ledererzeugung eingesetzt (Wasch-, Reinigungsmittel)

vegetabile Gerbstoffe - pflanzlicher Herkunft, diese Stoffe wirken gerbend auf das Leder. Chemisch handelt es sich um phenolartige Verbindungen (mehrwertige Phenolverbindungen). Sie sind biologisch abbaubar und haben ökotoxikologisch keine Bedeutung.

synthetische organische Gerbstoffe - Bei den synthetischen organischen Gerbstoffen handelt es sich überwiegend um Kondensationsprodukte der aromatischen Verbindungen Benzol, Toluol, Xylol, Naphthalin, Anthracen, Phenanthren, Phenol, Kresol, Xylenol, Naphthol, mehrwertige Phenole, chinoide Substanzen, Nitro- und Aminverbindungen, deren Löslichkeit durch Sulfonierung erhöht wurde.

Weichmacher - Phosphor- und Phthalsäureester, Stoffe, die bei der Lederfärbung eingesetzt wurden

Lederfettungsmittel - Hier sind pflanzliche, tierische Öle und Fette zu nennen, ferner Wachse und Harze. Sie sind ökotoxikologisch ohne Bedeutung.

Neben natürlichen Produkten kamen aber auch synthetische Wachse, mineralische und synthetische Lederfettungsmittel zum Einsatz. Besonders hervorzuheben sind Chlorparaffine.

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

Tabelle 2: Altlastenrelevante Stoffe und Analysenparameter bei Standorten Lederverarbeitung / Gerbereien

Produktionsbereiche (mögliche Verdachtsflächen)	Relevante mögliche Verdachtsstoffe/Wirkstoffe	Analysenparameter
Konservierung	Naphthalin, Insektizide, Fungizide, Arsen (Arsenifizierung der Häute)	EOX/AOX, Naphthalin, As, DDT, HCH, PCP (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)
Weiche	Desinfektionsmittel (z. B. Bakterizide, Fungizide) Arsen	EOX/AOX, Naphthalin, As, DDT, HCH, PCP (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)
Äscher / Anschwöde	Arsenikwäscher (Gemisch aus As ₂ S ₃ und Kalk) evtl. Zusätze bei Reduktionsäscher - Cyanide, Rhodanide	As, Sn, Cyanide, evtl. Schwefel (Schwefel als Leitparameter untersuchen)
Entfettung	Benzin, Petroleum, PER, TRI	LCKW, BTEX, IR-KW
Gerbung (vegetabile Gerbung)	evtl. erhöhter Kupfergehalt in Gerbeextrakt, Rindenabfällen; Einsatz von Zusatzstoffen möglich - Phenole, Fungizide, Bakterizide	EOX/AOX, As, Cu, DDT, HCH, PCP, Phenole (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)
Gerbung mit organischen Gerbstoffen inkl. Extraktion	Synthetische Gerbstoffe, z.B. Anthracen, Phenanthren, Phenole	PAK, Phenole
Gerbung (Chromgerbung)	hauptsächlich Chrom (III)-Verbindungen (Chromalaun), gelegentlich Chrom (VI)-Verbindungen, Einsatz von Borax zum Neutralisieren des Chromleders	Cr (III), Cr (VI), Bor
Bleiche von vegetabilem und Chromleder	bei Bleiche von vegetabil gegerbten Leder Einsatz z. B. SnCl ₂ ; bei Bleiche von Chromleder Einsatz z. B. von Bariumchlorid, Bleiacetatlösungen	Pb, Sn
Veredlung (Färberei)	natürliche Farbstoffe, Teer- und Anilinfarbstoffe, Lösungsmittel, organische, anorganische Farbpigmente, Chlorbenzole (Hilfsmittel beim Färben)	Cd, Cr, Cu, Pb, (Ba, Ti), BTEX, LCKW
Veredlung (Lackiererei)	Farbstoffe/Farbpigmente Öllackverfahren (Co), Lösungsmittel	Co, Cu, Ni, Pb, Cyanide, BTEX, LCKW
Veredlung (Lederfettung)	Fette, Trane, Öle (Lederimprägnierung), Schmiermittel, Fettungsmittel, Paraffinöl, Mineralöl (Verschnittmittel, Konsistenzregelung), synthetische Fettungsmittel (u. a. Chlorparaffine), Lösungsmittel, Konservierungsmittel	EOX/AOX, IR-KW, PCP, (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)
Chemikalienlager	im Prinzip alle eingesetzten organischen und anorganischen altlastenrelevanten Verbindungen	hauptsächlich Cr, LCKW
sonstige Bereiche (Maschinenhaus, Kesselhaus, Werkstätten)	Mineralöle, Lösungsmittel, ggf. Hydraulikflüssigkeit, Transformatorenöl, PAK (bei Verbrennungsprozessen)	IR-KW, EOX/AOX, ggf. PAK, PCB (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)
Klärbecken, Rieselfelder, Abfallablagerungen	alle am Standort eingesetzten organischen und anorganischen altlastenrelevanten Verbindungen	As, Cd, Cu, Cr, Pb, EOX/AOX, Naphthalin, IR-KW, PCP, HCH, DDT (bei erhöhten EOX/AOX- Werten Einzelstoffanalytik)

2. Hinweise zur Altlastenbehandlung

2.1 Altlastenrelevanz

Die Altlastenrelevanz von Standorten der Gerbereien- bzw. Lederverarbeitung muss differenziert betrachtet werden. In den Anfängen dieses Handwerks und bis heute ist in kleineren Unternehmen mit Naturstoffen gearbeitet worden. Hinzu kamen vielfach Hilfsstoffe, die zu den sogenannten Betriebsgeheimnissen zählten und deren Rezepturen unbekannt sind. In größeren Betriebsstätten sind neben Naturstoffen, verschiedene anorganische und organische Schadstoffe z. T. in relevanten Mengen eingesetzt worden. Hinzu kommt, dass hier die ganze Produktionspalette von der Vorbehandlung über die Gerbung bis zur Veredlung vertreten war. Im Rahmen von Recherchen sind daher der Standortcharakteristik, den möglichen eingesetzten Schadstoffen, deren verschiedenen Kombinationen und Mengen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Hohe Widerstandsfähigkeit und Überlebensdauer von Milzbrandsporen erlaubt keine Abgrenzung der zu überprüfenden Standorte allein durch den Zeitraum der Stilllegung. Milzbrandsporen werden insbesondere durch die Einwirkung der UV-Strahlung zerstört, wodurch sich eine Ausbreitung über die Luft als unwahrscheinlich ergibt. Jedoch kann es zur Inhalation von sporenhaltigen Stäuben kommen. Bereits geringste Dosen können zu einer Infektion führen, wobei Erkrankungs Wahrscheinlichkeit von der Virulenz des Bakterienstammes, der Abwehrlage des Individuums und vom Infektionsweg abhängt ((RP TÜBINGEN 2004).

Boden

Das größte Schadstoffpotential ist durch PAK, Arsen, Schwermetalle, MKW, Lösungsmittel, ggf. DDT, Lindan, PCP und vorrangig im Bereich größerer und langjährig arbeitender Produktionsstätten zu erwarten. Hier besteht in einigen Betriebsbereichen ein hohes Gefährdungspotential. So fallen mit der Vorbehandlung der Häute erhebliche Mengen an Abwässern mit gelösten Konservierungssalzen an. Daneben können hier auch Fungizide und Bakterizide enthalten sein. In den Gerbereiabwässern sind ferner Chrom-(III)-Verbindungen, aber auch Chrom-(VI)-Verbindungen enthalten. An den Produktionsstätten selbst,

z. B. in Bereichen mit Gruben, Holzbottichen, Fässern sonstigen Behältern, ist durch Handhabungsverluste, Defekte und im Bereich von Abwasserleitungen infolge von Leckagen mit Kontaminationen im **Boden** zu rechnen. Weitere Bodenverunreinigungen können durch das zur Konservierung der Häute verwendete Naphthalin (Rohwarenlager) oder im Bereich Färberei durch Metallverbindungen und organische Lösungsmittel entstanden sein. Zu den genannten Verdachtsbereichen kommen Rieselfelder, Klärbecken, Ablagerungsflächen hinzu. Milzbrandsporen bevorzugen kalzium- und nitratreiche Böden mit neutralem oder leicht alkalischem pH. Bei Feuchtigkeitsgehalten von über 80% und Temperaturen zwischen 30° C und 39° C können die Sporen auskeimen, sich vermehren und wiederum versporen. Die Angaben zur Überlebensdauer von Milzbrandsporen im Boden schwanken erheblich. Veröffentlichungen über Beprobungsergebnisse belegen Überlebenszeiten von 36 bis > 100 Jahren ((RP TÜBINGEN 2004).

Luft

Beeinträchtigungen der Bodenluft sind durch leichtflüchtige Substanzen wie LCKW und BTEX im Bereich Färberei, Lackiererei möglich, die Relevanz muß im Einzelfall geprüft werden. Meist sind nach Stilllegung der Anlagen Emissionen in die Luft vernachlässigbar, ggf. bei Sanierungsarbeiten sind die Gehalte an LCKW, BTEX und Naphthalin bzw. Milzbrandsporen im Sinne des Arbeitsschutzes zu prüfen.

Grundwasser

Hinsichtlich der Schadstoffe Chrom, Arsen, Naphthalin und ggf. Blei, Cadmium, Kupfer, MKW und LCKW besteht bei Einsatz großer Schadstoffmengen über lange Zeiträume hinweg und bei entsprechenden geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen die Besorgnis, dass diese Stoffe mit dem Sickerwasser bis in die wassergesättigte Zone gelangen und so zu einer Kontamination des **Grundwassers** führten. Besonders Chrom ist aufgrund seiner Toxizität und der verbrauchten Mengen auf den Altstandorten der Lederindustrie relevant. Beispielsweise sind im alkalischen Milieu Chromate stabil und können auch durch bindige Böden bis in grundwasserführende Schichten migrieren. Ausbreitungen von Milzbranderreger über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser können mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden.

Oberflächenwasser

Die Beeinflussung des **Oberflächenwassers** ist im Gegensatz zum Grundwasser weniger relevant, kann aber ggf. über den Grundwasserpfad sowie über oberflächliche Abschwemmungen durch Niederschläge erfolgen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob über Leitungssysteme oder Abwässergräben kontaminiertes Abwasser in Vorfluter gelangen konnte. Der Umfang der Informationen zur Überlebensdauer von Milzbrandsporen in Gewässern ist beschränkt. Entsprechend den wenigen Quellen kann in stehenden Gewäs-

sern von einer Überlebenszeit von ungefähr 2 Jahren und im Sediment von Gewässern von bis zu 20 Jahren ausgegangen werden.

2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

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

- Boden (Bodenluft: die Relevanz von Untersuchungen muss im Einzelfall geprüft werden)
- Grundwasser
- Oberflächenwasser.

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

Die Infektion der Tiere mit Milzbrand erfolgt durch die Aufnahme der Erreger über Futter, Wasser oder Böden. Die Infektion von Menschen erfolgt vor allem über den Kontakt mit erkrankten Tieren, oder den Umgang mit kontaminierten tierischen Produkten. Lungenmilzbrand entsteht durch Inhalation von sporenhaltigem Staub oder Tröpfchennebel, Darmmilzbrand durch den Verzehr von infiziertem Fleisch. Nur in wenigen Einzelfällen sind Infektionen des Menschen durch Bodenkontakt bekannt ((RP TÜBINGEN 2004).

2.3 Gefährdungsabschätzung nach der Sächsischen Altlastenmethodik

Aufgrund der vorkommenden Stoffe und des vorhandenen Gefährdungspotentials für die Schutzgüter ist bei Standorten von Gerbereien/Lederverarbeitung immer eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen.

2.3.1 Verdachtsfallerfassung und Formale Erstbewertung

Die Verdachtsfallerfassung und Erstbewertung erfolgen nach SÄCHSISCHEM STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT- UND LANDESENTWICKLUNG (1997) im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA). Folgende Kriterien sind bei Gerberei-/Lederverarbeitungsstandorten zu beachten:

(7) Art der Verdachtsfläche: Gerbereien, Standorte der Lederverarbeitung sind prinzipiell als Altstandorte mit den in Abschnitt 1.3 genannten Teilbereichen.

(14) Kontaminierte Fläche oder Flächenklasse / mittlere Mächtigkeit: Da häufig nicht die gesamte Betriebsfläche kontaminiert ist, sind die möglicherweise betroffenen Teilflächen zur Kontaminationsfläche zu addieren. Hierzu zählen insbesondere Bereiche der Vorbehandlung der Häute (Konservierung, Weiche, Äscher, Entkälken, Entfetten), Gerbung (Chromgerbung, kombinierte Verfahren der Gerbung), Veredlung (Farb- und Fettzurichtung). Hinzu kommen Lagerplätze, ggf. Rieselfelder, Betriebseinrichtungen (Maschinenhaus, Kesselhaus, Schlosserei). 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, Keller sind zu berücksichtigen.

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

Tabelle 3: Umweltrelevante Abfälle von Standorten der Lederverarbeitung/Gerbereien

Abfallnummer	Abfallart	Gefährdungsklasse
14100	Abfälle von Häuten und Fellen	33
14400	Abfälle aus Gerbereien (ohne Gerbstoffabfälle)	55
14401	Äschereischlamm	55
14402	Gerbereischlamm	55
14700	Lederabfälle	33
14701	Lederabfälle aus Chromgerbereien	33
14702	Chromlederabfälle aus Verarbeitungsbetrieben	33
14703	Pelze und nicht chromgegerbte Lederabfälle	33
14704	Lederschleifschlamm, Lederverarbeitung	33

14705	Abfälle aus der Lederverarbeitung	33
14706	Sonstige Abfälle aus Pelz- und Lederzurichtung	33
51500	Salze	34
51502	Häutesalze	44
51504	Imprägniersalzabfälle	45
51505	Lederchemikalien, Gerbstoffe	44
52000	Säuren, Laugen, Konzentrate	45
52710	Gerbereibrühe	44
53100	Abfälle von Schädlingsbekämpfungsmitteln	55
53103	Altbestände von Schädlingsbekämpfungsmitteln	55
55200	Halogenhaltige organische Lösungsmittel und -gemische	55
55300	Halogenfreie organische Lösemittel und -gemische	45
91100	Hausmüll	33

(20S) Einordnung nach Branchenschlüssel oder Klassennummer:

Tabelle 4: Einordnung von Standorten der Lederverarbeitung/Gerbereien in Branchennummer, Branche und Gefährdungsklassen

Branchennummer	Branche	Gefährdungsklasse
0835	Bereich Leder, Schuhe	25
0840	Ledererzeugung	35
0850	Lederverarbeitung	24

Wenn keine konkreten Schadstoffe bekannt sind, wird nach Tabelle 4 bewertet.

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 entsprechend nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT für Oberflächenwasser zu bewerten.

Zugehöriges EDV-Programm: GEFA Version4.0 (2004).

Bei größeren Standorten ist zu empfehlen, das Gelände in Teilflächen entsprechend der Arbeitsbereiche/Arbeitsschritte zu unterteilen und jede Teilfläche extra zu bewerten/untersuchen. Wichtig sind Recherchen zu Produktionsverfahren, z. B. die Art der Gerbung in Erfahrung zu bringen, die Herkunft der Rohhäute steht möglicherweise im Zusammenhang mit evtl. Auftreten von Milzbrandsporen, die Kenntnis zur Konservierungsart gibt Aufschluss über eingesetzte Stoffe, usw.

Stoffgefährlichkeit - r_0 :

- $r_0 = 3-6$, nach Brancheneinstufung in SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, wenn die am Standort eingesetzten gebräuchlichsten Wirkstoffe diesen Wert nicht überschreiten (z. B. kleinere Unternehmen, vorwiegend Einsatz von Naturstoffen, letztlich abhängig von den in der Historischen Erkundung ermittelten Verdachtsstoffen).
- $r_0 = 6,0$ entspricht Arsen-Verbindungen und wenn der Einsatz von Pentachlorphenol, DDT oder Lindan (HCH) belegt ist.

Der Wert $r_0 = 6$ beruht auf der humantoxikologischen Bewertung von Pentachlorphenol (PCP). Falls PCP nicht oder nur in sehr geringen Mengen zum Einsatz kam, ist ein r_0 -Wert von 5,5 in Ansatz zu bringen.

Örtliche Bedingungen, m-Werte:

Im Folgenden werden die schadstoffabhängigen Einflussfaktoren eingegrenzt. Die spezifischen Standortbedingungen sind einzelfallbezogen zu bewerten.

Grundwasser - m_1

- Lage zum Grundwasser: $m_1 = 1,2$ (Kontamination im ungesättigten Bereich) Ausnahme, wenn Anlagen, unterirdische Behälter im Grundwasser oder im Grundwasserwechselbereich
- Oberflächenabdeckung: Bei bewachsener Oberfläche, Abdeckungen durch Platten, Pflastersteine u. ä. $\Delta m = \pm 0$, sonst $\Delta m = +0,1$ (z. B. unbefestigte Lagerflächen)
- Oberflächenabdichtung: Bei Überdachung bzw. Bebauung, Versiegelung, Schadstoffauswaschungen zum größten Teil verhindert $\Delta m = -0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$ (unbefestigte Flächen)

- Löslichkeit - Aggregatzustand: Bei flüssigen und leicht löslichen Schadstoffen (z. B. Säuren, LCKW, Phenole) ist $\Delta m = \pm 0$. Aufgrund der Vielfalt möglicher Schadstoffe erfolgen weitere Angaben, z. B. Naphthalin mit $\Delta m = -0,3$. In Klärbecken und Rieselfeldern der Lederindustrie sind wahrscheinlich nur Arsenat und Arsenit von Bedeutung. Im Allgemeinen sind sie die am häufigsten nachweisbaren Bindungsformen des Arsens. Es ist für Arsen $\Delta m = -0,3$ in Ansatz zu bringen. Weiterhin sind Chrom-(VI)-Verbindungen (gut wasserlöslich) mit $\Delta m \pm 0$, Chrom-(III)-Verbindungen (weniger wasserlöslich) mit $\Delta m = -0,3$ und Lederfettungsmittel mit $\Delta m = -0,3$ bzw. $-0,7$ relevant. DDT ist mit $\Delta m = -0,7$ und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) mit $\Delta m = -0,3$ zu bewerten.

Grundwasser - m_{II}

- Sorbierbarkeit: Bei Stoffgemischen wird der Stoff mit der niedrigsten Sorbierbarkeit herangezogen. Bei geringen bis mittleren bzw. starkem Humus- oder Tonanteil ergibt sich für die relevanten Stoffgruppen: γ -HCH (Lindan), DDT, PAK: $\Delta m = -0,1$ bzw. $-0,2$. Im Allgemeinen (ohne relevanten Einsatz vg. Schadstoffe) ist $\Delta m \pm 0$ bzw. $-0,1$ in Ansatz zu bringen.
- Acidität: Bei sauren Verhältnissen und Schwermetallen $\Delta m = +0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$.
- Lösungsvermittler sind vorhanden (BTEX, LHKW, lipophile Schadstoffe) $\Delta m = +0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$.
- Abbaubarkeit: Für einige organische Schadstoffe (z. B. BTEX, verschiedene Phenole, Benzinkohlenwasserstoffe) ist der biologische Abbau möglich. $\Delta m = -0,1$, sonst $\Delta m = \pm 0$.

Grundwasser - m_{III}

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

Grundwasser - m_{IV}

- Aufbereitungsmöglichkeiten: Die meisten typischen Schadstoffe aus Gerbereien/Lederverarbeitungen werden in 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: Je nach Ausbreitungsrichtung sind alle 4 laut Altlastenmethodik aufgeführten Fälle möglich, hauptsächlich:

Fall 1: Der zu schützende Boden ist die Altlast selbst; $m_I = 1,0$

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: siehe Grundwasser (m_I -Wert)
- Löslichkeit: Das Spektrum reicht von leicht löslichen bis schwer löslichen Schadstoffen. Säuren, LCKW, verschiedene Phenole: $\Delta m = \pm 0$; für die meisten standortspezifischen Schadstoffe: $\Delta m = -0,2$; DDT: $\Delta m = -0,4$
- Sorption: siehe Grundwasser, je nach Ton-/Humusgehalt und Schadstoffart: $\Delta m = \pm 0$ bis $-0,2$
- Lösungsvermittler: vorhanden, siehe 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.

Für die Abschätzung des Vorhandenseins von Milzbranderreger sind folgende Informationen auszuwerten (RP TÜBINGEN 2004):

	Kriterium	Gefährdungspotenzial		
		gering	mittel	hoch
1.	Herkunft der Häute nachgewiesen	lokal	-	Verarbeitung von ausländischer Ware
	Herkunft der Häute nicht nachgewiesen: Überprüfen der nachgeordneten Kriterien entsprechend Nr. 1.1-1.4			
1.1	Betriebsgröße	handwerklich	kleingewerblich	gewerblich, industriell
1.2	Konservierung	ausschl. frisch	z. T. getrocknet	überwiegend getrocknet
1.3	Produktionszeitraum	vor 1880 stillgelegt	nach 1960	Stilllegung zwischen 1880 und 1960
1.4	Gerbverfahren u. Produktpalette	Rotgerberei mit Schwerpunkt Sohl-/Bodenleder	Weißgerberei Sämischerberei	Rotgerberei mit Schwerpunkt Oberleder
2.	Konkrete Hinweise auf Milzbrand am Standort	nicht vorhanden	-	vorhanden
3.	Abwasserbeseitigung	Direkteinleitung in den Vorfluter	-	Kläranlage, Verrieselung, Verregnung und Versickerung
4.	Abfallsituation	keine Hinweise auf Ablagerung von Abfällen	Ablagerung von Abfällen möglich	Ablagerung von Abfällen bekannt

Boden - m_{III}

- Chemische und mikrobielle Abbaubarkeit: DDT, PAK m_{III} = 0,9; Arsen, Schwermetalle sind nicht biologisch abbaubar: m_{III} = 1,0; Chrom-(VI)-Verbindungen werden relativ schnell zu Chrom-(III)-Verbindungen (weniger toxisch) reduziert
- Toxische Abbauprodukte: Für diesen Branchenbereich ist bezüglich der vorgenannten Schadstoffe nicht mit stark toxischen Abbauprodukten zu rechnen bzw. für einzelne Stoffe (PAK) nicht überbewerten:
 $\Delta m = \pm 0$
- Verweilzeit im Boden: Bei DDT und Schwermetallen sehr lange: $\Delta m = \pm 0$
- Sorption/Bindungsstärke:
 - a) Bewertung bezüglich oraler Schadstoffaufnahme: Sind PAK, HCH, DDT relevant, ist eine Bindung an organische Bodenbestandteile möglich. Auch Arsenate werden in Böden relativ schnell an Eisen- und Aluminiumhydroxide adsorbiert. Der ungünstigste Fall bei mittleren Humus- und Tonbestandteilen ist anzunehmen: $\Delta m = +0,1$. Für kleinere Standorte mit geringerem Schadstoffpotential in Abhängigkeit vom Humusgehalt gilt: $\Delta m = 0 \dots +0,1$.
 - b) Bewertung bezüglich Bioverfügbarkeit: Am Standort mögliche relevante organische Schadstoffe sind verfügbar: $\Delta m = \pm 0 \dots -0,1$. Verfügbarkeit von Arsen und Schwermetallen ist in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens und der Bindungsstärke zu bewerten. Es ist die größte Bioverfügbarkeit der zu erwartenden Schadstoffe zu bewerten. Bei Anwesenheit von Phenolen gilt $\Delta m = +0,1$.
- Beobachtete Wirkung: Bei festgestellten Bodenveränderungen (Verfärbung, Geruch), beeinträchtigtem Pflanzenwuchs: $\Delta m = +0,1$ bis $+0,2$.

Boden - m_{IV}

Im Stadium Historische Erkundung 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 LANDESENTWICKLUNG (1995a und b) durchzuführen. Prüf- und Maßnahmen- sowie Orientierungswerte sind SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 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 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 Probennahme ist nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998) durchzuführen. Die Vermehrungsfähigkeit und geringe infektiöse Dosis der Milzbrandsporen verbietet bei der weiteren Bearbeitung von Verdachtsflächen eine prüfwerorientierte Bewertung und führt zu einer konzentrationsunabhängigen Gefährdungsabschätzung.

Sofern ein Anfangsverdacht besteht, und ein Eingriff in den Untergrund vorgesehen ist, wird eine mikrobiologische Untersuchung erforderlich. Diese erfolgt nach Mischprobennahmen aus den Hauptverdachtsbereichen (Weiche, Rohhäutlager, Abwassersystem, Ablagerungen von Produktionsrückständen) in Laboren, die eine Zulassung nach § 44 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) für den Umgang mit kontaminationsverdächtigem Probenmaterial besitzen und über eine Laborausstattung der Sicherheitsklasse 3 verfügen.

Selbstverständlich ist, dass vor der Durchführung der Analysen der konventionellen Parameter (Chrom, Arsen, u. a.) in jedem Fall das Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchungen abzuwarten ist.

Bestätigt die mikrobiologische Untersuchung den Gefahrverdacht, ist eine Detailuntersuchung zur Eingrenzung der Verdachtsbereiche durchzuführen. Diese erfolgt primär über Rückstellproben und bei Bedarf über weitere gezielte Einzelproben.

Grundwasser

Angetroffenes Schichtenwasser ist nach Möglichkeit mit zu untersuchen.

Bodenluft

Bodenluftuntersuchungen sind in der Regel nicht angezeigt. Sollten sich nach den historischen Recherchen Anhaltspunkte für Bodenluftmessungen ergeben, sind entsprechende Untersuchungen vorzusehen (BTEX, LHKW, Naphthalin).

Tabelle 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

Tabelle 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	insbesondere Naphthalin relevant
Phenolindex	X	X	2	
Phenole (Einzelsubstanzen)	X	X	3	Phenol, Naphthol, Kresol, PCP
IR-KW	X	X	2	z. B. Betriebsbereiche Lederfettung, Maschinenhaus, Schlosserei
LHKW, BTEX	X	X	2	Entfettung, Fettzurichtung, Farbzurichtung
PCB	(X)	(X)	(2)	nur bei begründeten Verdacht (Maschinenräume, Trafostation)
Pestizide (Screening)	(X)	(X)	(2)	aufgrund der Angaben aus der Historischen Erkundung entscheiden
Ba, Ti, Sn, Co	X	X	3	
As	X	X	2	besonders relevant
Cr _{ges.} , Cr (VI), Cr (III)	X	X	2	relevant; bei hohem Gesamtchromgehalt zusätzlich Cr (VI), ggf. Cr (III)
Cd	X	X	2	
Cu	X	X	2	
Ni	X	X	2	
Pb	X	X	2	
Hg	X	X	2-3	
Ammonium		X	2	
Phosphat		X	2	
Chlorid		X	2	
Nitrat/Nitrit		X	2	
Sulfat		X	2	
Sulfit		X	2	
Sulfid		X	2	
Bor		X	2	Borax, Borsäure
Cyanide, ges.	(X)	(X)	(2-3)	nur wenn aufgrund der Vorbehandlung der Rohhäute (Äscher) begründeter Verdacht
Milzbranderreger	X	(X)	2	

Bei indikativen Untersuchungen muss auf der Grundlage der Erkenntnisse der Historischen Untersuchung möglicherweise am Standort mit Milzbrandsporen gerechnet werden (z. B. Abwasseranlagen, Flächen, wo Rohhäute gelagert, bearbeitet und auf denen entsprechende Abfälle entsorgt wurden). Eine Gefährdung ist durch den Direktkontakt (z. B. Hautkontakt, Einatmen von Bodenpartikeln) gegeben. Erforderliche Untersuchungshinweise sind dem UMWELTBUNDESAMT (1998) zu entnehmen.

In der Phase der **Detailuntersuchung** ist das Analytikprogramm auszuweiten und bei entsprechenden

Hinweisen aus der Orientierenden Untersuchung gezielt auf spezielle Schadstoffe auszurichten (z. B. Phenole → Einzelstoffe untersuchen, evtl. chlorierte Benzolderivate, ggf. organische Säuren, aromatische Amine, gezielte Analytik auf weitere Desinfektions-/Konservierungsmittel).

Für die Entscheidung einer Sanierung eines Standortes Gerberei/Lederverarbeitung ist die Gefährdung der Schutzgüter insbesondere durch Arsen, Chrom, Naphthalin und ferner auch durch Organochlorpestizide, weitere polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und weitere Schwermetalle maßgebend.

Die Detailuntersuchung ist entsprechend SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT durchzuführen.

2.4 Sanierung

Für die Sanierung der Kontaminationen der Standorte von Lederverarbeitung/Gerbereien stehen einige Dekontaminations- und Sicherungsverfahren zur Verfügung.

An diesen Standorten ist aufgrund des Produktionsablaufs mit verschiedensten Kontaminationen durch anorganische und organische Schadstoffe und ihren Kombinationen zu rechnen. Die Wahl der Sanierungsart gilt jeweils dem Einzelfall und die vorgeschlagenen Varianten sind nur im Grundsatz übertragbar.

2.4.1 Boden

Chrom und Arsen stellen die Hauptkontaminanten dar. Hierzu können weitere Schwermetalle und deren Verbindungen, z. T. aus Färbeprozessen, kommen. Hierzu sind entsprechend den Untersuchungen in UMWELTBUNDESAMT (1998) vor allem folgende Sanierungsverfahren geeignet:

- bei oberflächennahen Bodenbereichen, **Auskoffnung** und Verbringung auf eine zugelassene Deponie
- **Bodenwäsche**; chemisch-physikalische Trenn- und Umwandlungsmaßnahmen führen nicht immer zum erwünschten Ergebnis (z. B. Feinkorn wird nicht erfasst, belastete Reststoffe)
- **Immobilisierung** (mechanisch), grundsätzlich on site und in situ möglich; Verhinderung oder Verringerung von Schadstoffemissionen durch Verfestigung, Fixierung (hauptsächlich für Schwermetallbelastungen am Standort). Für eine in situ-Immobilisierung kommen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen Bereiche bis maximal ca. 2 m infrage.

Für organische Kontaminationen wie MKW, PAK (Naphthalin), CKW, BTEX und/oder PCB können folgende Sanierungstechniken zur Anwendung kommen:

- CKW- und BTEX - Schäden über **Bodenluftabsaugung**
- **Mikrobiologische Verfahren**; Abbau oder Umwandlung organischer Schadstoffe durch Mikroorganismen; geeignet bei MKW, BTEX, Phenolen, für PAK nur eingeschränkt möglich
- **Thermische Verfahren** für alle Schadstoffe, für Schwermetalle z. T. nur eingeschränkt möglich, hoher Energieverbrauch, hohe Kosten.

Naphthalin als gerbereitypischer organischer Schadstoff könnte auch über eine Bodenwäsche eliminiert werden, sofern es sich um ausschließlich naphthalinbelastete Böden handelt.

2.4.2 Grundwasser

Chrom, Arsen und Naphthalin (ggf. Phenole, Monoaromaten, MKW) sind zunächst die für Grundwasserkontaminationen an Gerbereistandorten relevanten Parameter. Zur Sanierung kommen nach UMWELTBUNDESAMT (1998) vor allem folgende Verfahren in Betracht:

- **hydraulische Verfahren**; gezielte Beeinflussung der geohydraulischen Verhältnisse durch Pump- und Versickerungsbrunnen, oberirdische Wasserreinigung mit verschiedensten Verfahren (z. B. bei Gerbereistandorten vorliegenden anorganischen und organischen Mischkontaminationen - ein Modul für chemische Fällung und ein Modul mit Adsorption). Voraussetzung für eine wirksame hydraulische Sanierung sind dabei die genaue Kenntnis der Schadstoffverteilung und -transport im Aquifer
- **in situ-Fällung** der anorganischen Schadstoffe (Arsen, Schwermetalle) im Grundwasser über Oxidations- und Reduktionsmittel; Verfahren begrenzt einsetzbar, nicht bei Wechsellagerungen von gering durchlässigen und durchlässigen Schichten, Auftreten unerwünschter Nebeneffekte in der Grundwasserqualität, verstärktes Wachstum von Mikroorganismen kann zu Effektivitätsverlusten führen.

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>
- <http://www.dresden.ihk.de>

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

Bundesweite Angaben enthält das „Technologieregister zur Sanierung von Altlasten“ TERESA 3.0. TERESA stellt für Sanierungspflichtige, Ingenieurbüros, Behörden und Informationssuchende einen kostenlosen Datenpool von Sanierungsverfahren bereit. Mit Hilfe dieses Datenpools werden Gutachtern, Mitarbeitern von Behörden und allen Interessierten fundierte, praxisnahe Fachinformationen über Technologien und verfahren im bereich der Altlastensanierung geliefert. Dieses Programm wurde von Ingenieurtechnischen Verband Altlasten e. V. (ITVA) programmtechnisch umgesetzt, Auftraggeber war das Bundesministerium für Bildung und Forschung (2006).

3. Literaturhinweise

- BASF - Badische Anilin- und Soda Fabrik (1957): Gerberei-Fibel, Chromoberleder, Ludwigshafen a.Rh.
- BORGMANN, J., KRAHNER, O., FRIEDENTHAL, H. (1923): Die Lederfabrikation, Praktisches Handbuch für die gesamte Lederindustrie, Band I: Die Unterlederfabrikation, Berlin
- BORGMANN, J., KRAHNER, O., FRIEDENTHAL, H. (1923): Die Lederfabrikation, Praktisches Handbuch für die gesamte Lederindustrie, Band II: Die Oberlederfabrikation, Berlin
- BORGMANN, J. & KRAHNER, O. (1923): Die Lederfabrikation, Praktisches Handbuch für die gesamte Lederindustrie, Band III: Die Feinlederfabrikation, Berlin
- BORGMANN, J. & KRAHNER, O. (1925): Die Lederfabrikation, Praktisches Handbuch für die gesamte Lederindustrie, Band IV: Die Chromgerbung, Berlin
- BORGMANN, J. & KRAHNER, O. (1925): Die Lederfabrikation, Praktisches Handbuch für die gesamte Lederindustrie, Band VI: Die Mineralgerbung, 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
- DIESEL, E. W. & LÖHR, H. P. (1982-1990): Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe, 2. Band, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- FARBENFABRIK BAYER AG (1954): Chromgerbung, Ein Merkbuch über Herstellung, Verwendung und Eigenschaften der gebräuchlichsten Chromprodukte, Farbenfabrik Bayer AG Leverkusen
- FARBWERKE HOECHST AG (o. A.): Fettstoffe und Hilfsmittel für Leder und Pelz, Ein Leitfaden für die Praxis, Hoechst AG, Frankfurt (M.)
- FEIKES, L. (o. A.): Ökologische Probleme der Lederindustrie, in: H. Herfeld (ed.): Bibliothek des Leders, Bd. 8, Umschau Verlag, Frankfurt (M.)
- FÖRSTNER, U. (1993): Umweltschutztechnik, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin
- GESETZ ZUM SCHUTZ DES BODENS (BBodSchG) vom 17.03.1998: Bundesgesetzblatt; Jahrgang 1998, Teil I Nr. 16, ausgegeben zu Bonn am 24.03.1998:
- GNAMM, H. (1926): Die Fettstoffe in der Lederindustrie, Bd. IV, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- GNAMM, H. (1950): Fachbuch für die Lederindustrie, Ein Ausbildungs- und Unterweisungsbuch für Belegschaft und Nachwuchs, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- GRABMANN, W. (1955): Handbuch der Gerbereichemie und Lederfabrikation, 3. Bd. Das Leder, Springer Verlag Wien
- HAUSAM, W. (1948): Die Bakteriologie in der Lederindustrie, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart
- HEGENAUER, H. (1977): Fachkunde für lederverarbeitende Berufe, 4. Auflage, Essen
- HOINS, H. (1993): Erfassung und Erkundung von Altstandorten der Lederindustrie in FRANZIUS u. a.: „Handbuch der Altlastensanierung“, R. v. Decker's Verlag, G. Schenk, Heidelberg, Loseblattsammlung, Stand: 15. Lieferung, Kapitel 1.3.11.3

- HUNGER, K., MISCHKE, P. & PIEPER, W. (1974): Azofarbstoffe, in: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage, Bd. 8, S. 244-300, Verlag Chemie, Weinheim
- INSTITUT FÜR UMWELTSCHUTZ DER UNIVERSITÄT DORTMUND (1990): Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- KOCH, R. (1989): Umweltchemikalien - Physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte, Umweltverhalten, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (1989): Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten - Abteilung Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaft in Essen
- MAUTHE, G. (1949): Chemie für den Gerber, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- MYSLAK, Z. (1990): Azofarbmittel auf der Basis krebserregender und -verdächtiger aromatischer Amine, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, GA 35, Dortmund
- NUNGESSER, T. (1979): Pelze, in: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage, Bd. 17, S. 651-659, Verlag Chemie, Weinheim
- OHNESORGE, F. K. (1985): Toxikologische Bewertung von Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Thallium und Zink, Fortschrittsberichte VDI, Reihe 15: Umwelttechnik, VDI-Verlag, Düsseldorf
- OST, H. (1928): Lehrbuch der chemischen Technologie, Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig
- RP TÜBINGEN (2004): Ergebnisbericht über die vertiefte Untersuchung und Bewertung von Gerbereistandorten im Hinblick auf eine Gefährdung durch Milzbranderreger in ausgewählten Teilgebieten des Landkreises Reutlingen im Rahmen der Nacherhebung altlastverdächtiger Flächen, Informationssystem FADO der LUBW Baden-Württemberg
- 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, Nr. 1/1996, Dresden
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998a): Historische Erkundung von Altlastverdachtsfällen. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Nr. 4/1998, Dresden
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998b): Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten. - Materialien zur Altlastenbehandlung, Nr. 3/1998, Dresden
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2009): Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsmittlung in der Altlastenbehandlung, 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 (2001): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 5, Dresden

- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2003): Detailuntersuchung. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, Dresden
- SCHLOTTAU, K. (1991): Die Geschichte der Lederindustrie in Neumünster - Ein Beitrag zur Industrialisierung Schleswig-Holsteins, Veröffentlichungen des Fördervereins Textilmuseum und Industriemuseum Neumünster e. V., Heft 11, Neumünster
- SCHMIDT, GERHARD, H. (1986): Pestizide und Umweltschutz, Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig
- SIERP, F. (1967): Die gewerblichen und industriellen Abwässer, Entstehung, Schädlichkeit, Verwertung, Reinigung und Beseitigung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- STATHER, F. (1960): Zur Charakteristik pflanzlicher und synthetischer Gerbstoffe und deren kombinierte Verwendung bei der Gerbung, Akademie Verlag, Berlin
- STATHER, F. (1957): Gerbereichemie und Gerbereitechnologie, Akademieverlag, Berlin
- ULLMANN (1974-1983): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage, Bd. 16 „Leder“, Weinheim
- UMWELTBUNDESAMT (1998): Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF, Leitfaden Erkundung ehemaliger Gerbereistandorte; Umweltbundesamt, Fachgebiet III.3, Berlin