

Sächsisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie

Branchenbezogene Merkblätter  
zur Altlastenbehandlung

Stand: 12/01  
Bearbeiter: Prof. Burmeier  
Ingenieurgesellschaft mbH  
Dipl.-Chem. Marco Wenzel

Referat Altlasten

**16: Metallbe- und -verarbeitung**

Seiten: 16

## **1 Branchentypisches Schadstoffpotential**

### **1.1 Gesetzliche Grundlagen**

Folgende Vorschriften haben in der ehemaligen DDR Arbeits- und Hilfsstoffe der Metallbe- und -verarbeitung spezifiziert:

TGL 7437/02	Schweißzusatzwerkstoffe - UP- Schweißpulver
TGL 17542	Hydrauliköl
TGL 35286	Schweißzusatzwerkstoffe für Eisen und Stahl
TGL 35308	Epoxydharzklebstoffe ‚Epasol‘
TGL 37097	Schmierstoffe für die Erzeugnisschmierung
TGL 37138	Epoxydharzklebkitte

Folgende relevante Gesetze haben in der ehemaligen DDR gegolten:

- Wassergesetz (2. Juli 1982)
- Abwassereinleitungsbedingungen (9. Juni 1975)
- Wasserschadstoffverordnung (15. Dezember 1977)
- Giftgesetz (7. April 1977)
- Landeskulturgesetz (14. Mai 1970)

Folgende Gesetze sind aktuell zu berücksichtigen:

- Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG, 17. März 1998)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, 12. Juli 1999)
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (27. September 1994)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 12. November 1996)
- Trinkwasserverordnung (03. Dezember 1998, ab 01. Januar 2003 gültig)
- Chemikaliengesetz (25. Juli 1994)
- Baugesetzbuch mit Bauordnung
- Bundesnaturschutzgesetz (21. September 1998)
- DDR: Umweltrahmengesetz (29. Juni 1990)
- Sächsisches Wassergesetz (21. Juli 1998)
- Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (31. Mai 1999)
- Sächsische Bauordnung (18. März 1999)
- Sächsisches Naturschutzgesetz (11. Oktober 1994)
- Naturschutz- Ausgleichsverordnung (30. März 1995)

### **1.2 Einteilung**

Die Einteilung des Branchenkatalogs in Anlehnung an das Handbuch zur Altlastenbehandlung [6] ist in Bezug auf die metallbe- und -verarbeitende Industrie teilweise technologie- und teilweise produktbezogen gegliedert. Die hier betrachteten Branchen sind in der **Tabelle 6** (S. 13) aufgelistet.

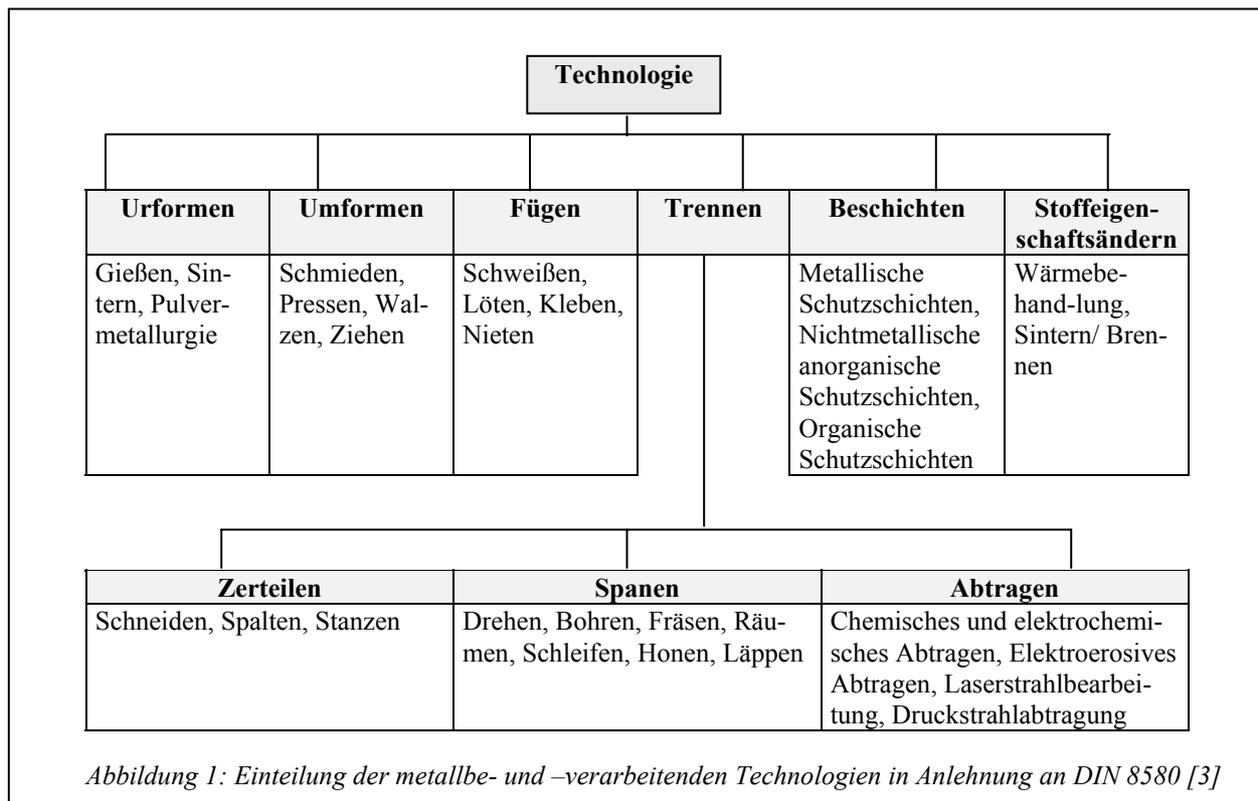
Die Metallbe- und -verarbeitung grenzt sich gegen die Metallgewinnung (Hochofen, Hütten und Schmelzwerke) und den Branchen der Elektrotechnik (Herstellen von Batterien, Akkumulatoren und Transformatoren) ab. Die Gießereibranche wird im Handbuch zur Altlastenbehandlung - Branchenbezogene Merkblätter [15] unter Nr. 3 Gießereien behandelt.

Im Zusammenhang mit der Nutzung des vorliegenden Branchenblattes können auch folgende Teile des Handbuchs [15] im Einzelfall hilfreich sein:

- Nr. 4 Tankstellen/Tanklager
- Nr. 6 Galvanik
- Nr. 11 Kfz-Werkstätten/Fuhrparks
- Nr. 13 Lackierereien

### 1.3 Technologie

Die Einteilung der Technologien der metallbe- und -verarbeitenden Industrie in Anlehnung an die DIN 8580 [3] gibt die **Abbildung 1** wieder.



Anmerkungen:

- Urformen, Umformen und Fügen werden häufig unter dem Begriff ‚Spanlose Formgebung‘ zusammengefasst.
- Die Verfahren des Abtragens wurden in der DDR sehr selten eingesetzt, so dass auf sie hier nicht explizit eingegangen wird.

Der typische Verfahrensablauf in der Metallbe- und -verarbeitung besteht aus

- dem Vorbereiten (z. B. Reinigen, Entfetten),
- der Bearbeitung (z.B. Bohren, Drehen) und
- der Nachbehandlung (z. B. Härten, Lackieren).

In **Abbildung 2** sind typische Prozesse mit ihren Produktionshilfsstoffen und daraus entstehende Schadstoffe zusammengestellt.

Arbeitsgang	Hilfsstoffe	Schadstoffe
<b>Vorbehandlung</b>		
Entfetten	Entfettungsbäder	LHKW, BTEX
Beizen	Beizbäder	Salze, Säuren, Basen
Reinigen	Reinigungsbäder	Tenside, MKW
<b>Bearbeitung</b>		
Umformen	Kühlschmierstoffe	MKW, Schwermetalle
Trennen	Kühlschmierstoffe	MKW, Schwermetalle
Abtragen	Kühlschmierstoffe	MKW, Schwermetalle
Spannende Fertigung	Kühlschmierstoffe	MKW, Schwermetalle
Schweißen/Löten/ Nieten	Schweißstoffe (Legierungen), Flussmittel	Al, Schwermetalle, Salze
Fügen/Kleben	Kleber	BTEX, LHKW
<b>Nachbehandlung</b>		
Härten	Öl-, Salzbäder	MKW, Cyanide, Salze
Beschichten mit: Metallen	Säuren, Basen, Salze, Schwermetalle, Schwefel, Graphit	Al, Schwermetalle, Salze
Anorganischen Nichtmetallen	Säuren, Basen, Salze,	Säuren, Basen, Salze
Organika	Lösungsmittel, Polymerisate	MKW, LHKW

Abbildung 2: Schadstoffe im Verfahrensablauf der Metallbe- und -verarbeitung (Schema)

Als Produktionsgrundstoffe wurden die **Metalle** Eisen, Aluminium und in einigen Fällen auch Blei eingesetzt. Als Produktionshilfsstoffe oder als Legierungsmetalle können fast alle **Schwermetalle** auftreten. Die wichtigsten sind Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Zink (Zn), Chrom (Cr), Quecksilber (Hg), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Arsen (As), Antimon (Sb), Wismut (Bi).

Beim Beizen wurden vorrangig die **Säuren** Salzsäure (HCl) und Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) verwendet. Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) und Phosphorsäure (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) kamen bei der Vorbehandlung von Werkstücken zum Einsatz.

Als **Base** wurde vorrangig Natronlauge (NaOH) eingesetzt.

Beim Härten wurden folgende **Salze** häufig verwendet: Bariumnitrat (BaNO<sub>3</sub>), Bariumchlorid (BaCl<sub>2</sub>) und Natriumnitrat (NaNO<sub>3</sub>).

Die am häufigsten als Entfettungsmittel eingesetzten **LHKW** waren Trichlormethan (Chloroform), Tetrachlormethan (Tetra), Trichlorethen (Tri), Tetrachlorethen (Per). Da Reinigungsmittel als Gemische bzw. in der Reinheitsklasse ‚technisch‘ verwendet wurden, ist mit dem Auftreten weiterer Vertreter der LHKW wie Monochlormethan, Dichlormethan, Monochlorethan, Dichlorethan, 1,1,1- Trichlorethan, Monochlorethen, Dichlorethen zu rechnen.

In der **Tabelle 1** werden weitere Quellen für Schadstoffe aufgeführt, die häufig in Betrieben der metallbe- und verarbeitenden Industrie anzutreffen sind, aber nicht direkt den Be- und -verarbeitungstechnologien zugeordnet werden können.

Tabelle 1: Technologiespezifische Schadstoffe der Metallbe- und -verarbeitenden Branche

Quelle	Einsatz-/Hilfsstoffe	Schadstoffe
Maschinen	Hydrauliköl	MKW, Phosphorsäureester
Maschinen	Schmierstoffe	MKW, PAK, MoS <sub>2</sub>
Transformatoren	Transformatoröl	MKW, PCB
Feuerungsanlagen	Verbrennen von Abprodukten	PAK, Dioxine, Schwermetalle
Werkstätten	Schmierstoffe, Kühlschmierstoffe	MKW, LHKW, BTEX
Garagen	Schmierstoffe, Kraftstoffe, Waschmittel	MKW, Tenside, LHKW

### 1.3 Schadstoffe

Der wichtigste Produktionsgrundstoff ist das **Metall Eisen**. Bei unsachgemäßer Lagerung können anhaftende Produktionshilfsstoffe von Produkten und Abfällen in den Boden eingetragen werden. Eisen selbst ist nicht altlastenrelevant.

**Schwermetalle** werden als Produktionsgrund- und -hilfsstoffe eingesetzt. Schwermetalle können als Spurenelemente in Werkstücken und Legierungen vorkommen. Durch verschiedene Bearbeitungsschritte (z. B. Beizen) können Schwermetalle aus den Werkstücken herausgelöst, d.h. mobilisiert werden. Als Lösungsvermittler wirken Komplexbildner (z. B. Cyanid), Basen (z. B. bei Zn, Al) und/ oder Säuren. Elementare Schwermetalle und Schwermetalloxide sind bei Raumtemperatur fest und daher immobil (Ausnahme: Späne und Stäube).

Schwermetalle und ihre Verbindungen wirken i.d.R. chronisch toxisch, weil sie im menschlichen Körper akkumuliert werden. Spezifische Aussagen für die Elemente **Blei**, **Cadmium** und **Chrom** finden sich in [15, Nr. 14 Ziegeleien S. 5].

Das Schwermetall **Zink** ist Produktionsgrundstoff beim Verzinken. Als essentielles Spurenelement wird es im menschlichen Körper benötigt. Zu hohe Konzentrationen können zu Magen-Darm-Störungen und zu Gelenk- und Muskelschmerzen führen. Zinkchromat ist cancerogen. Bei Tieren werden Reizungen der Schleimhaut und Funktionsstörungen in der Folge durch Komplexbildung mit Enzymen beobachtet. Zinkverbindungen sind in der Regel wasserlöslich.

Das Schwermetall **Nickel** wird als Legierungsmetall und Beschichtung verwendet. Nickelverbindungen wirken bei Menschen und Tieren im Atemtrakt krebs erzeugend. Nickel ist ein Kontaktallergen. Es sind sowohl wasserlösliche Nickelverbindungen (Chlorid, Sulfat) als auch schwererlösliche Nickeloxide und -sulfide relevant.

Das Schwermetall **Quecksilber** kann als untergeordneter Bestandteil in Legierungen oder metallischen Hilfsstoffen auftreten. Es ist bei Raumtemperatur in elementarer Form flüssig und flüchtig (hoher Dampfdruck bei Raumtemperatur). Organische Quecksilberverbindungen sind stark toxisch. Im menschlichen Körper blockiert Quecksilber Enzyme, indem es sich anlagert. Unter natürlichen Bedingungen sind sowohl Oxidations- und Reduktionsreaktionen als auch die Bindung an organische Stoffe nachgewiesen worden.

**Aluminium** und seine Verbindungen werden sowohl als Produktionsgrund- als auch als -hilfsstoffe verwendet. Durch organische Komplexbildner, starke Säuren (bei pH < 5) und Basen (pH > 8), wird Aluminium mobilisiert. Aluminium ist fischtoxisch und greift bei Menschen das Zentralnervensystem an.

**Cyanide** als Beiz- und Härtesalze werden in entsprechenden Bädern verwendet. Vor allem durch Komplexbildung werden Schwermetalle aus dem Werkstück extrahiert. Das Cyanid-Ion komplexiert das Eisen im Hämoglobin und stört die Zellatmung und ist daher hochtoxisch für Menschen. Es besteht der Verdacht, daß Cyanide Mißbildungen bewirken. Bei Untersuchungen zur Toxizität ist zwischen freien Cyaniden und komplex gebundenen Cyaniden zu unterscheiden. Schwermetall- Cyanid- Komplexe sind häufig wasserlöslich und mobilisieren Schwermetalle.

**Säuren und Basen** werden in Reinigungs-, Härte- und Rostschutzbädern (Phosphorsäure) eingesetzt. Ihre Umweltwirkung besteht in der Veränderung der Lebensbedingungen in den Kompartimenten Boden, Grund- und Oberflächenwasser und darausfolgenden Veränderungen in Biotopen. Geringe Einträge können durch die natürliche Pufferfunktion der Kompartimente kompensiert werden.

Eine andere wichtige Umweltwirkung ist die Mobilisierung von Schwermetallen und die entsprechenden Aus- und Einträge in die betreffenden Kompartimente. Bei niedrigen pH-Werten (< 5) gehen viele Schwermetalle in Lösung, einige (z. B. Al) auch bei hohen pH-Werten (> 8). Bei Menschen können bei Kontakt mit Säuren und Basen auf der Haut Verätzungen entstehen.

Branchentypisch ist der Einsatz von **Kohlenwasserstoffen** als Kühlschmiermittel, Schmiermittel und Hydrauliköl (für Maschinen). Relevante Stoffgruppen sind MKW, teilweise mit Zusätzen von Chlorkohlenwasserstoffen, Formaldehyd, Pyridine und PAK. Zum Umweltverhalten von MKW finden sich in [15, Nr. 4 Tankstellen/ Tanklager auf S. 11] Angaben. Für das Reinigen von Werkstoffen wurden Lösungsmittel wie LHKW und BTEX verwendet. Aussagen zu den wichtigsten Vertretern der Lösungsmittel finden sich in [15, Nr. 8 Chemische Reinigungen S. 5]. An gleicher Stelle finden sich Ausführungen zu Tensiden.

**Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe** (PAK) können als Zusatzstoffe in Schmierstoffen auftreten oder bei der Erwärmung von MKW entstehen (z. B. beim Heißlaufen von Wälzlagern). PAK sind gering wasserlöslich. MKW/ LHKW und BTEX treten als Lösungsvermittler auf. 21 Vertreter der PAK wirken carcinogen bzw. mutagen. PAK mit bis zu 4 Ringen können biochemisch abgebaut werden.

## 2 Hinweise zur Altlastenbehandlung

### 2.1 Altlastenrelevanz

Ein Betriebsgelände, auf dem Metalle be- und -verarbeitet wurden, ist grundsätzlich als potentielle Altlastverdachtsfläche (Altstandort) zu betrachten, da in der Produktion ein breites Spektrum an potentiellen Schadstoffen verwendet wurde. Hinweise zu konkreten Kontaminationsquellen finden sich in den **Tabellen 3 und 4**.

Eine mögliche Schädigung der in **Tabelle 2** genannten Schutzgüter kann folgende Ursachen haben:

- Mangelndes Wissen und Bewußtsein in Bezug auf Arbeits- und Umweltschutz (→ Leckagen, Handhabungsverluste)
- Ungenügende Möglichkeiten, Gefährdungen von Mensch und Natur abzuwenden (überalterte Anlagen → Havarien)
- Ungeordnete Ablagerung von Produktionsabfällen, von Bauschutt etc.

Kriegsschäden (Bombentreffer, durch Bombardements hervorgerufene Havarien etc.) können weitere Gründe für die Entstehung von Schadherden auf solchen Standorten sein.

Generell ist festzustellen, dass die Schadstoffgruppen Schwermetalle, MKW, LHKW und Cyanide häufig in Betrieben der Metallbe- und -verarbeitung auftreten. Potentielle Kontaminationsherde können generell die Gebäudesubstanz (Fußböden/ -platten, Wände) und nicht- oder schlechtversiegelte Böden sein. MKW und LHKW können dabei das Grundwasser gefährden. Schwermetalle können nur in lösungsvermittelter Form (durch Cyanide, Säuren/Basen) grundwassergefährdend sein.

## 2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

In der **Tabelle 2** sind mögliche Beeinträchtigungen der Schutzgüter aufgeführt. Die am häufigsten auftretenden Fälle sind dabei fett dargestellt worden.

*Tabelle 2: Gefährdete Schutzgüter und relevante Wirkungspfade*

<b>Schutzgut</b>	<b>Wirkungspfad</b>
<b>Boden</b>	<b>Boden- Mensch (Direktkontakt)</b>
<b>Grundwasser</b>	<b>Boden- Grundwasser</b>
Luft	Bodenluft- Luft- Mensch

Das Schutzgut Mensch kann durch den direkten Kontakt mit dem Boden sowie durch die Nutzung des Grundwassers einer Gefährdung unterliegen. Der Wirkungspfad Bodenluft-Luft-Mensch kann relevant sein, wenn LHKW oder BTEX schadstoffbelastete Bereiche vorliegen. Weitere Schutzgüter wie Oberflächenwasser oder Nutzpflanzen können im Einzelfall ebenfalls betroffen sein.

## 2.3 Altlastenbehandlung nach Bundesbodenschutzrecht

Das vorliegende Merkblatt berücksichtigt die bundesgesetzlichen Vorgaben vollumfänglich. Dabei werden die Handbücher des SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT und die Materialienbände des SÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (s. Literatur) unter Beachtung des BBodSchG bzw. der BBodSchV sachbezogen eingebunden.

Anzumerken ist, dass das branchenbezogene Schadstoffpotential bei Standorten der metallbe- und -verarbeitenden Industrie aufgrund der expliziten Nutzungsform fast vollständig das gesamte bekannte Schadstoffpotential, das typischerweise auf Altstandorten anzutreffen ist, umfasst. Daraus resultieren, sofern eine entsprechende Gefahrenlage vermutet bzw. bestätigt wird, alle möglichen Fallkonstellation für Maßnahmen zur Detail- und Sanierungsuntersuchung bzw. zur Sanierungsplanung und -durchführung. Im vorliegenden Branchenblatt wird daher bei den Unterpunkten Detailuntersuchung, Sanierungsuntersuchung und Sanierung nur auf die Hauptschadstoffgruppen MKW, Schwermetalle, LHKW und Cyanide eingegangen.

### **Erhebung und Historische Untersuchung/ -Erkundung mit Bewertung**

Die **Erfassung** der altlastverdächtigen Flächen (AVF) wird im §11 BBodSchG in die Kompetenz der Bundesländer überantwortet.

In Sachsen erfolgt die Erfassung durch die Erhebung (einschließlich Formale Erstbewertung [FEB]) und Historische Erkundung der AVF.

Die **Erhebung** wird nach dem hierzu vom LfUG herausgegebenen Handbuch zur Altlastenbehandlung [5] und dem Programm SALKA (s. 2.4.) durchgeführt.

Gegenstand der **Historischen Erkundung** sind das Sammeln von Anhaltspunkten über das Vorhandensein von Altlasten gemäß §3 (1) und (2) BBodSchV sowie das Sammeln von Daten zu einer ersten Gefährdungsabschätzung gemäß §9 (1) BBodSchG (Bewertung). Ziel ist die Entscheidung darüber, ob weitere Untersuchungen nötig sind, oder ob der Gefahrenverdacht generell oder bei der derzeitigen Nutzung/ Bebauung ausgeräumt ist. Im [19] sind Leitlinien für die Durchführung und die Bewertung der Ergebnisse der Historische Erkundung veröffentlicht. Für die Bearbeitung empfiehlt es sich, den Standort in Teilflächen, die den in **Abbildung 2** aufgezeigten technologischen und andere Verdachtsbereiche entsprechen, aufzugliedern (**Tabellen 3** und **4**). Es sind alle in Punkt 2.1. benannten Ursachen für die Entstehung von altlastenverdächtigen Flächen oder Altlasten zu beachten.

Die Bewertung der Historischen Erkundung erfolgt zum einen verbal durch Beschreibung des Altlastverdacht es bzw. der Gefahrenlage. Zum anderen erfolgt eine formalisierte Bewertung mittels des Programms GEFA [17] (s. 2.4.). Sind Anhaltspunkte über das Vorhandensein von Altlasten (§ 3 Absatz 3 BBodSchV) vorhanden, d.h. bestätigt die Bewertung der Historischen Erkundung den Gefahrenverdacht, ist dem Auftraggeber die Durchführung der Orientierenden Untersuchung zu empfehlen.

### **Orientierende Untersuchung und Bewertung**

Ziel der **Orientierenden Untersuchung** (§2 Nr. 3 BBodSchV) ist eine weiterführende Gefährdungsabschätzung (§ 4 (1) BBodSchV). Es ist abzuklären, ob ein hinreichender Verdacht auf das Vorliegen einer Altlast (hinreichender Gefahrenverdacht) besteht oder ob er widerlegt werden kann.

Die Handbücher zur Altlastenbehandlung [4] - [11] geben weitere Hinweise.

Es ist sicherzustellen, dass alle potentiellen Kontaminationsquellen laut den Ergebnissen der Historischen Erkundung mit ihren Schadstoffen (**Tabellen 3** und **4**) bei der Aufstellung des Untersuchungsspektrums recherchiert werden.

Tabelle 3: Anlagenbereiche der metallbe- und verarbeitenden Industrie mit Kontaminationspotential (Checkliste für Begehung)

	Anlagenbereiche	Indizien	Schadstoffe	Analysenparameter
<b>1.</b>	<b>Maschinenstandorte</b> (z. B. Sägen, Drehbänke, Fräsen, Stanzen)	<b>Verfärbte(r) Boden/Wände, Späne und Stäube</b>	<b>MKW (Additive: Formaldehyd, PCB, BTEX, CKW, schwefelhaltige KW), Schwermetalle</b>	<b>MKW, PCB, BTEX, LHKW, Schwermetalle</b>
1.1	Ziehmaschinen	Verfärbte(r) Boden/Wände, organoleptisch auffällig	MKW	MKW
1.2	Pressen, Kompressoren	Verfärbte(r) Boden/Wände	PCB, PAK, MKW, Phosphorsäureester	PCB, PAK, MKW
1.3	Schweißmaschinen		Schwermetalle	Schwermetalle
1.4	Lötmaschinen		Schwermetalle	Schwermetalle
1.5	Klebmaschinen	Verfärbte(r) Boden/Wände	KW, LHKW, BTEX	KW, BTEX, LHKW
<b>2.</b>	<b>(Schweiß-) Transformatoren, Gleichrichter</b>	<b>Verfärbte(r) Boden/Wände, Geruch/ organoleptisch auffällig</b>	<b>PCB, MKW, BTEX</b>	<b>PCB, MKW, BTEX</b>
<b>3.</b>	<b>Bäder (allgemein)</b>	<b>Verfärbte(r) Boden, Geruch/ organoleptisch auffällig</b>	<b>Inhalte der Bäder</b>	
3.1	<b>Bäder der Al-Verarbeitung</b>		<b>Oxalsäure</b>	<b>pH-Wert</b>
3.2	Beizbäder	Verfärbte(r) Boden/Wände, organoleptisch auffällig	Cyanide, NH <sub>3</sub> , Salze, (N,S)-KW	Cyanide, Leitfähigkeit
3.3	Entfettungsbäder	Organoleptisch auffällig	LHKW, Tenside	LHKW
3.4	Härtbäder	Verfärbte(r) Boden/Wände	Säuren, Basen, Cyanide, Salze, MKW, (N,S)-KW	pH, Leitfähigkeit, Cyanide, MKW
3.5	Reinigungsbäder		Phosphorhaltige Sulfonate	
3.6	Rostschutzbäder		Phosphate, Säuren	pH
3.7	Vergütungsbäder		PAK, MKW	PAK, MKW
3.8	Zinkbäder	Verfärbte(r) Boden/Wände	Zn, andere Schwermetalle	Schwermetalle

Tabelle 4: Ablagerungsbereiche auf Betriebsgeländen der metallbe- und verarbeitenden Industrie (Checkliste für Begehung)

Standort	Indizien	Schadstoffe	Analysenparameter
<b>Lagerflächen</b> (Spänelager u.a.)	Verfärbte(r) Boden, Geruch/ organoleptisch auffällig	MKW , Schwermetalle, Säuren, Basen, Cyani- de, Salze	pH-Wert, Leitfähigkeit, Cyanid, MKW
Filtereinrichtungen	Filtermaterialien, - schlämme	Schwermetalle (Hg, As ) , LHKW, MKW, Stäube	Schwermetalle, LHKW, MKW
Altsäuresammelbecken	Rissiger Boden	Säure, Schwermetalle	pH-Wert, Schwerme- talle
Batterieladestation	Rissiger Boden	Schwefelsäure, Schwermetalle	pH-Wert, Schwerme- talle
Kraftstofflager	Geruch/ organoleptisch auffällig	MKW	MKW
<b>Auffüllungen</b>	<b>Eventuell Geruch/ organoleptisch auffäl- lig</b>	<b>Entsprechend Füll- material, i.d.R. Abprodukte</b>	
<b>Brunnen (aufgelasse- ne, verfüll- te/verstopfte)</b>	<b>Eventuell Geruch/ organoleptisch auffäl- lig</b>	<b>MKW, entsprechend Füllmaterial</b>	<b>MKW</b>
<b>Abwasserkanal/ Ent- wässerung/ Gebäude- drainagen</b>	<b>Eventuell gestörte Vegetation, eventuell Geruch/ organolep- tisch auffällig</b>	<b>MKW, Säuren, Ba- sen, Cyanide, Salze,</b>	<b>pH, Leitfähigkeit, Schwermetalle, Cya- nide, MKW</b>
<b>Heizhaus/ Schornstein</b>	<b>Hinweise auf Ver- brennung von Abpro- dukten</b>	<b>Dioxine, PAK, Schwermetalle, (N,S)- Verbindungen</b>	<b>Dioxine, PAK, Schwermetalle</b>

Durch Probenahme und chemische Untersuchungen (Untersuchungsspektrum) erfolgt im Einzelfall die erste qualitative und quantitative Erfassung der Schadstoffbelastung. Das Untersuchungsspektrum ist anhand der Ergebnisse der Historischen Erkundung abzuleiten. Die Orientierende Untersuchung ist gegebenenfalls abgestuft durchzuführen. Es sollten zuerst Methoden mit wenig technischem Aufwand (z. B. Ermittlung von Summenparametern) gewählt werden. Hinweise zur Vor- Ort- Analytik enthält [22].

Bei BTEX bzw. MKW ist zu beachten, dass sie aufgrund ihrer geringeren Dichte gegenüber Wasser auf der Grundwasseroberfläche aufschwimmen. Sie können im Grundwasserstrom in Phase mitgeschleppt werden. Durch die Verhältnisse im Grundwasser können Schwermetalle in schwerwasserlösliche Formen überführt werden und sich auf der Sohle des Grundwasserleiters sammeln. Darauf ist beim Ausbau neuer Grundwassermessstellen bzw. bei der Beprobung unbedingt zu achten.

Die nachfolgenden Analysenpläne in Tabelle 5 geben einen Überblick über die Prüfwerte für die branchenspezifischen Schadstoffe bzw. über aktuell vorgeschlagene Orientierungswerte. Im Anhang 1 der BBodSchV finden sich Hinweise zur Probenahme, Analytik und zur Qualitätssicherung.

Die Menge an eingetragenen Säuren und Salzen kann durch die Analyse der Kat- und Anionen näher bestimmt werden. Die Analytik der Alkali- und Erdalkaliionen kann Aufschluss über das Bindungspotential des Bodenkörpers für Schadstoffe geben.

Es ist immer zu prüfen, ob sich Legierungs- und Begleitmetalle (z. B. Blei bei Zinkbädern) in den Kontaminationsherden angereichert haben können.

Tabelle 5: Medienbezogene Analysenpläne

**Medium Boden** (Wirkungspfad Boden-Mensch)

Die Werte sind alle in der Einheit mg/kg Trockenmasse Feinboden angegeben.

Analysenparameter	Industrie und Gewerbeflächen			Wohngebiete		
	P	Orientierungswerte		P	Orientierungswerte	
		VP	D		VP	D
Blei	2000			400		
Cadmium	60			20*		
Chrom	1000			400		
Nickel	900			140		
Quecksilber	80			20		
Benzol		0,4			0,2	
Toluol		120			10	
Ethylbenzol		30			3	
Xylol		100			10	
Chlormethan			5000			2000
Dichlormethan			2			0,1
Trichlormethan			0,5			0,1
Tetrachlormethan			100			20
1,1- Dichlorethan			150			60
1,1- Dichlorethan			300			30
1,1,1- Trichlorethan		180			15	
1,1,2- Trichlorethan			10			2
1,1,2,2- Tetrachlorethan		0,3			0,03	
Hexachlorethan			1000			200
1,1- Dichlorethen			200			40
1,2- Dichlorethen			400			80
Trichlorethen		5			0,3	
Tetrachlorethen		25			1,5	
1,2 Dichlorpropan		5			1	
Monochlorethen					1	

P ...Prüfwerte nach BBodSchV Anhang 1

VP ...vorläufige Prüfwerte (im Auftrag des Umweltbundesamtes abgeleitete Prüfwerte in der Entwurfsfassung) [16]

D ...Dringlichkeitswerte (im Auftrag des LfUG abgeleitete Werte)[16]

\* ... In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg anzuwenden.

- Ist planungsrechtlich eine andere Nutzung möglich, sind die entsprechenden Werte aus [16] zu verwenden.

## Fortsetzung Tabelle 5: Medienbezogene Analysenpläne

**Medium Sickerwasser** (Wirkungspfad Boden- Grundwasser)Die Werte sind alle in der Einheit  $\mu\text{g} / \text{l}$  Sickerwasser angegeben.

Analysenparameter	Prüfwerte nach BBodSchV
Blei	25
Cadmium	5
Chrom	50
Chrom (VI)	8
Molybdän	50
Nickel	50
Quecksilber	1
Zink	500
Cyanid, gesamt	50
Cyanid, leicht freisetzbar	10
MKW	200
BTEX	20
Benzol	1
LHKW	10
PAK	0,2
PCB	0,05

**Medium Luft** (Wirkungspfad Bodenluft- Innenraumluft)Die Werte sind alle in der Einheit  $\text{mg} / \text{m}^3$  Luft angegeben.

Analysenparameter	Bodenluft	Innenraumluft
	OH	D
BTEX	5...50	
Benzol	0,4...4	0,004
Toluol	250...2500	2,6
Xylol	250...2500	4
Ethylbenzol	20...200	0,2
LHKW	5...50	
Cancerogene LHKW *	1...10	
Dichlormethan	10...100	0,1
Trichlormethan	1,5...15	0,014
1,1,1- Trichlorethan	250...2500	22
Monochlorethen	0,4...4	0,04
1,1,2-Trichlorethen	2...20	0,02
Tetrachlorethen	7...70	0,06
1,2 Dichlorpropan	14...140	0,14

OH...Orientierende Hinweise [16]

D ...Dringlichkeitswerte (im Auftrag des LfUG abgeleitete Werte) [16]

\* Tetrachlormethan, Monochlorethen, 1,2- Dichlorethan

Besteht nach der Bewertung der Ergebnisse der Orientierenden Untersuchung ein hinreichender Altlastverdacht (Gefahrenverdacht) wird eine Detailuntersuchung durchgeführt.

### **Detailuntersuchung**

Durch eine Detailuntersuchung ist einzelfallbezogen zu prüfen, ob sich aus räumlich begrenzten Schadstoffanreicherungen (Schadherde) Gefahren ergeben und ob bzw. wie die altlastverdächtige Fläche von unbelasteten Flächen abzugrenzen ist. Ziel ist eine abschließende Gefährdungsabschätzung gemäß § 2 Nr. 4 BBodSchV und die Feststellung des sich daraus ergebenden Handlungsbedarfs.

Der Schwerpunkt dieser Untersuchung umfaßt weitere technische Maßnahmen zur lateralen und vertikalen Eingrenzung der Kontaminationen und zur Untersuchung des speziellen Schadstoffinventars. Für die relevanten Wirkungspfade und Schutzgüter sind Expositionsabschätzungen vorzunehmen.

Die nachgewiesenen Stoffeigenschaften sind entsprechend zu aktualisieren und zu spezifizieren. Bei Stoffgemischen sind gegenseitige Wechselwirkungen zu beachten, z. B.:

- Lösungsvermittler: Säuren/ Basen/Cyanide für Schwermetalle
- Sorption/Ionenaustausch: MKW bzw. PAK an Bodenbestandteilen, Schwermetalle an Tonmineralen

Für jeden Schadherd ist in der Ergebnisdarstellung aufzuführen:

- Abgrenzung des/der Schadherde/s
- Schadstoffspektrum
- Kontaminationsausbreitung
- Expositionsabschätzung
- Vorschlag zur weiteren Behandlung
- Bei Sanierungsnotwendigkeit: Vorschlag vorläufiges Sanierungsziel.

### **Sanierungsuntersuchung**

Die Sanierungsuntersuchung bereitet den Entscheid über den Umfang und die Art der Durchführung der Sanierung vor. Die Ergebnisse können Grundlage für eine Sanierungsanordnung nach § 10 Absatz 1 BBodSchG oder eine Sanierungsplan nach § 13 Absatz 1 BBodSchG bilden. Die §§ 13, 14 und 16 des BBodSchG und die §§ 5 und 6 der BBodSchV geben den rechtlichen Rahmen vor.

Die bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen bestimmen sich aus dem Wasserrecht (§ 4 Absatz 4 BBodSchG).

Hinweise zur Sanierungsuntersuchung finden sich im Handbuch zur Altlastenbehandlung [13].

Einen Überblick über Sanierungsverfahren gibt das Technologieregister Sanierung von Altlasten (TERESA) des Umweltbundesamtes. Ein Anbieterverzeichnis von Leistungen zur Altlastenbehandlung im Freistaat Sachsen ist über die IHK in Chemnitz, Dresden und Leipzig verfügbar.

### **Sanierung**

Die Pflicht von Altlasten ausgehende Schäden sowie Beeinträchtigungen und Nachteile für den Einzelnen und die Allgemeinheit zu vermeiden, ist in § 4 Absatz 3 BBodSchG verankert. Anforderungen an Sanierungsmaßnahmen und Beschränkungs- und Schutzmaßnahmen sind im §5 der BBodSchV definiert. Ziel der Sanierung ist die Abwehr der nachgewiesenen Gefahren.

## 2.4 Hilfsmittel für die Bearbeitung

### Software (Bezugsnachweis beim LfUG)

- SALKA                    -      Sächsisches Altlastenkataster und Formale Erstbewertung
- GEFA                    -      Computergestützte Gefährdungsabschätzung
- SALFA-web            -      Sächsische Altlastenfachweb (als CD oder im Internet unter [www.umwelt.sachsen.de/lfug/](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/)). Zugriff auf Handbücher und Branchenblätter, sonst. Materialien
- DASIMA                -      Datenbank zur Auswahl von Simulationsprogrammen bei der Altlastenbehandlung
- XUMA-AMOR          -      Analysenplanerstellung für die Orientierende Untersuchung und die Detailuntersuchung
- STARS                 -      Stoffdatenbank
- TERESA                -      Technologieregister Sanierung von Altlasten (Bezugsnachweis beim Umweltbundesamt)

### Arbeitshinweise

Das **Programm SALKA** dient in allen Stufen der Altlastenbehandlung als Hilfsmittel zur Datenverwaltung. Bei der Erhebung sind folgende Kriterien in Bezug auf die metallbe- und -verarbeitende Industrie besonders zu beachten (Numerierung (...) nach Erfassungsbeleg in Anlage 1b in [5]):

**(7) Art der Verdachtsflächen:**

Metallbe- und -verarbeitende Betriebe sind grundsätzlich als Altstandorte zu bewerten.

**(20) Einordnung in Branchenschlüssel und Belastungsstufen:**

Die Metallbe- und -verarbeitende Industrie zählt zur Hauptgruppe 1: Produzierendes und -verarbeitendes Gewerbe. Eine detaillierte Aufstellung der Branchen mit dem zugehörigen Schlüsselnummern und Gefährdungsklassen findet sich in der **Tabelle 6**.

*Tabelle 6: Einordnung der Branchen der Metallbe- und -verarbeitung nach Branchenschlüssel und Gefährdungsklassen, nach Handbuch zur Altlastenbehandlung [6].*

Branche	Schlüsselnr.	Gefährdungsklasse
Schmiede-, Preß- und Hammerwerke	0550	24
Zieherei, Kaltwalzwerk	0610	24
Stahlverformung/ Metallbau/ Stahlbau/ Metallverarbeitung	0620	24
Oberflächenveredlung, Härtung	0630	35
Maschinenbau/Apparatebau	0640	23
Hersteller von Büromaschinen/DV-Geräten	0650	23
Hersteller von Kraftwagen und deren Teilen	0660	24
Schiffbau, Luft- und Raumfahrzeugbau	0670	23
Stahlbauerzeugnisse	0680	23
Feinmechanik, Optik	0710	24
Hersteller von Eisen-, Blech- und Metallwaren/Draht	0720	24
Hersteller von Musikinstrumenten, Spielwaren, Sportgeräten, Schmuck u.a.	0730	24

Die Ergebnisse der Historischen Erkundung und Orientierenden Untersuchung werden mittels der Erfassungsbögen des **Programms GEFA** [17] erhoben und in das SALKA exportiert.

Die folgenden Handbücher enthalten Hinweise zu den Erfassungsbögen in SALKA für die jeweiligen Bearbeitungsstufen:

Detailuntersuchung	[12]
Sanierungsuntersuchung	[13]
Sanierung	[14].

Das **Programm GEFA** [17] setzt das sogenannten R-Wert-Verfahren um. Die ermittelte Bewertungszahl ist für die Abschätzung der Dringlichkeit der weiteren Bearbeitung maßgebend. Als Eingangsgröße werden stoff- und pfadspezifische  $r_0$ -Werte benötigt. Sie sind in den Materialien zur Altlastenbehandlung [16] enthalten. Desweiteren sind  $r_0$ - und m-Werte zu berücksichtigen, die in den Handbüchern zur Altlastenbehandlung [4]-[11] tabelliert sind.

Beispiel für die Auswahl von  $r_0$ -Werten:

Es wird der Fall einer Verzinkerei angenommen. Als Kontaminationen sind festgestellt worden:

- LHKW im unversiegelten Boden unter einem Lager;
- Zinkchlorid im Boden unter der Beizelei (Boden liegt in Folge des Abbrüß des Gebäudes frei).

Folgende Werte finden sich in [16]:

- Schutzgut Mensch		
$r_{0(\text{hum})-(\text{oral})}$ :	Zink	$r_0 = 0,3$
	LHKW	$r_0 = 5,9$
$r_{0(\text{hum})-(\text{inhalativ})}$	(Zink	$r_0 = 2,4$ ) staubförmig
	LHKW	$r_0 = 5,0$ flüchtig
- Schutzgut Oberflächenwasser		
$r_{0(\text{öko})}$	Zink	$r_0 = 5,9$
	LHKW	k.A.

Es wird für jeden Pfad der Stoff mit dem höchsten Gefährdungspotential (entspricht höchsten  $r_0$ -Wert) betrachtet. Im GEFA wird für jeden Pfad eine formale Bewertung vorgenommen.

Für das Beispiel bedeutet dies:

- Der Direktpfad Boden-Mensch wird auf der Grundlage  $r_0 = 5,9$  bewertet. Staubemissionen sind nicht maßgebend, deshalb erfolgt keine Berücksichtigung von  $r_0 = 2,4$ .
- Der Pfad Boden-Luft-Mensch ist nicht relevant, da keine Gebäude auf dem Gelände geplant sind, deren Innenraumluft zu schützen wäre.
- Der Pfad Oberflächenwasser-Mensch ist im Beispiel nicht relevant, daher entfällt eine formale Bewertung mit  $r_{0(\text{öko})}$ .
- Der Pfad Boden-Grundwasser basiert auf der Bewertung des  $r_0 = 5,9$ .

**3 Literaturangaben**

- [1] AMT FÜR STANDARDISIERUNG DER DDR: Technische Güte- und Lieferbedingungen.
- [2] BAUMANN W., HERBERG-LIEDTKE B. (1995): Chemikalien in der Metallverarbeitung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- [3] DIN-KATALOG FÜR TECHNISCHE REGELN: Beuth-Verlag Berlin, Wien Zürich.
- [4] SMUL UND LFUG: Grundsätze der Altlastenbehandlung.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 1, in Vorbereitung, Dresden.
- [5] SMUL UND LFUG: Erfassung von Verdachtsfällen und Formale Erstbewertung.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 2, 1997, Dresden.
- [6] SMUL: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, 1995, Dresden.
- [7] SMUL: 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, 1996, Dresden.
- [8] SMUL: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4, 1995, Dresden.
- [9] SMUL UND LFUG: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden. Anlage 7: Schadstoffpfad Boden; Merkmale, Tabellen und Regeln für die Gefährdungsabschätzung mit dem Programm GEFA. - Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4, Anlage 7, 1996, Dresden.
- [10] SMUL UND LFUG: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 5, 2001, Dresden.
- [11] SMUL UND LFUG: Gefährdungsabschätzung, Pfad Luft.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 6, 2001, Dresden.
- [12] SMUL UND LFUG: Detailuntersuchung.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, in Vorbereitung, Dresden.
- [13] SMUL UND LFUG: Sanierungsuntersuchung.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 8, 1999, Dresden.
- [14] SMUL UND LFUG: Sanierung.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 9, 2000, Dresden.
- [15] SMUL UND LFUG: Branchenbezogene Merkblätter.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Dresden.
- [16] LFUG: Handhabung von Orientierungswerten sowie Prüf- und Maßnahmenwerten zur Gefahrenverdachtsermittlung für die Altlastenbehandlung. - Materialien zur Altlastenbehandlung, in Vorbereitung, Dresden.
- [17] SMUL UND LFUG: Computergestützte Gefährdungsabschätzung von Altlasten mit dem Programm GEFA.- Materialien zur Altlastenbehandlung 2/1996, 1996, Dresden.
- [18] LFUG: Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten - Materialien zur Altlastenbehandlung, 3/98, 1998, Dresden.
- [19] SMUL UND LFUG: Historische Erkundung von Altlastverdachtsfällen.- Materialien zur Altlastenbehandlung 4/1998, 1998, Dresden.
- [20] LFUG: Leitfaden zum Arbeitsschutz bei der Altlastenbehandlung.- Materialien zur Altlastenbehandlung, 4/1998, 1998, Dresden.

- [21] LFUG: Laborative Vorversuche im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und Sanierung.- Materialien zur Altlastenbehandlung, 1998, Dresden.
- [22] LFUG: Vor-Ort- Analytik.- Materialien zur Altlastenbehandlung, 1999, Dresden.
- [23] SMUL: Merkblätter zur Grundwasserbeobachtung – Grundwasserprobenahme.- Materialien zur Wasserwirtschaft, 1997, Dresden.
- [24] SMUL: „Vorläufiger Rahmenerlaß Altlasten Grundwasser“, s. TerraTech 01/2001, S. 27-34