

Sächsisches für Umwelt und Geologie	Landesamt	Branchenbezogene zur Altlastenbehandlung	Merkblätter	Stand: 08/2000 Bearbeiter: IFG Ingenieur-büro für Geotechnik GmbH
Referat Altlasten		14: Ziegeleien / Grobkeramikher- stellung		Seiten: 19

1 Branchentypisches Schadstoffpotential

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Folgende Vorschriften für Ziegeleien bzw. die Herstellung von Grobkeramik gab es in der DDR:

- Durchführungsbestimmungen zum Giftgesetz vom 31.05.1977. – DDR GBl. 1/21 (13.07.1977).
- Durchführungsbestimmungen zur 5. und 6. Durchführungsverordnung zum Landeskultugesetz - Reinhaltung der Luft – Begrenzung der Immission und Emission (Luftreinhaltung). – DDR GBl. I/18 (24.4.1973) und DDR GBl. Teil 1 Nr.31 (1979).
- Arbeitsschutzverordnung. – DDR GBl. 1/36 (1977).
- Gesetz über den Verkehr mit Giften - Giftgesetz - vom 07.04.1977. – DDR GBl. 1/10 (14.04.1977).
- Richtlinie über die Anwendung weiterer MİK-Werte bei der Festlegung von Maßnahmen zur Sicherung der Reinhaltung der Luft, vom 01.08.1975. – Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Gesundheitswesen, 16; 9 : 126 (03.11.1975; 03.10.197).
- TGL 32600/01. Maximal zulässige Konzentration gesundheitsgefährdender Stoffe in der Luft der Arbeitszone. – DDR Standard (1977).
- TGL 30370/01. Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz; Herstellung von Keramikerzeugnissen; Sicherheitstechnische Forderungen. (Juni 1982).
- TGL 24693. Keramische Farben. (August 1987).
- TGL 20687. Mineralische Rohstoffe; Feldspat und Feldspatsande. (November 1971).
- TGL 29317. Tone für Bau- und Grobkeramische Erzeugnisse. (Juli 1987).
- TGL 32664. Feuerfeste Rohtone; Termini und Definitionen, Klassifizierung, Prüfung. (Dez. 1986).
- TGL 38617. Kaolin, calciniert; technische Bedingungen. (Juli 1981).
- TGL S 9397. Klassifikation feuerfester Erzeugnisse (ST RGW5287-85). (Mai 1988).
- TGL S RGW 966 Feuerfeste Materialien und Erzeugnisse, Magnesia- und Magnesia-Kalk-Erzeugnisse, chemische Analyse, allgemeine Forderungen. (Dezember 1979).
- TGL 6088. Feuerfeste Baustoffe, Dolomite (Oktober 1976).
- TGL 23160/05. Feuerfeste Baustoffe; Gemenge mit mittlerem bis hohem Al₂O₃-Gehalt chemisch bindend. (Oktober 1969).
- TGL 36923. Grobkeramikmaschinen; Vakuumpressen horizontal; techn. Bedingungen. (Mai 1981).
- TGL 22-163. Keramikmaschinen; Kollergänge, technische Bedingungen. (Juni 1980).
- TGL 22-190. Grobkeramikmaschinen; Abschneide-, Förder- und Stapel-Anlagen; technische Bedingungen. (Mai 1981).

Folgende Gesetze und Empfehlungen sind aktuell:

- Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 10. Dezember 1990, zuletzt geändert am 5. Juni 1991.
- Allgemeine Rahmen-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Rahmen-Abwasser VwV) vom 31. Juli 1996.
- ATV Regelwerk Abwasser – Abfall, Arbeitsblatt A 115, Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage, September 1992.
- Chemikaliengesetz (ChemG); 12.03.1997.
- Gefahrstoffverordnung (mit den entsprechenden technischen Regeln, z. B. TRGS 100, 400, 402, 900).
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes – Wasserhaushaltsgesetz (WHG); in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. November 1996.
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG); in der Fassung vom 21.07.1998.

- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) mit Verordnungen, 27. September 1994.

1.2 Einteilung

Die erste keramische Betätigung begann unmittelbar nach der Entdeckung des Feuers mit der Fertigung einfacher Gefäße aus Lehm und Ton. Zur Zeit des alten Ägyptens existierte bereits eine hochentwickelte Töpferkunst, die Herstellung von Ziegeln aus Nilschlamm war bekannt. In Europa begann die Herstellung von Töpferwaren und Ziegelsteinen im 1. – 6. Jahrhundert. Die Stadtentwicklung im 14. Jahrhundert führte zum Aufschwung der Keramikproduktion. Die Herstellung glasierter Keramik/Steinzeug für Gefäße, Figuren und Kachelöfen verbreitete sich in Deutschland.

Unter Keramik sind anorganische, aus einem Pulver geformte und durch einen Sintervorgang verfestigte Werkstoffe und Produkte zu verstehen. Zur Grobkeramik werden Werkstoffe mit einer Inhomogenitätsgrenze von $> 0,2$ mm gerechnet.

Die Grobkeramik kann in die Werkstoffgruppen Silikatkeramik, Oxidische Keramik und Nichtoxidische Keramik eingeteilt werden.

Die **Silikatkeramik** ist die älteste Gruppe der Keramiken. Ihr werden Dach- und Mauerziegel-, Steinzeug-, Silika- und Schamotteerzeugnisse sowie Ofenkacheln und Baukeramik zugeordnet. Rohstoffe für die Ziegel- und Grobkeramikindustrie bilden plastische Rohstoffe, vor allem Ton und Kaolin. Hauptbestandteile der Tone/Kaoline ist der Kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Quarz, Glimmer, Feldspat und Kalk. Als geringplastische Rohstoffe werden Talk und Pyrophyllit zur Herstellung feuerfester Produkte verwendet. Nichtplastische Materialien, wie Kieselsäurerohstoffe (Quarz), alkalihaltige Tonerdesilikate (Feldspat), Kalk, Magnesit, Dolomit können ebenfalls als Rohstoffe dienen.

Aus **Oxidischer Keramik** werden basische Feuerfesterzeugnisse aus Sintermagnesit und/oder Chromerz sowie schmelzgegossene Feuerfesterzeugnisse aus kalzinierter Tonerde, Zirkon, Chromdioxid, Magnesiumoxid, Bauxit oder deren Mischung hergestellt. Oxidkeramik kommt sowohl in der Elektronik als auch im nichtelektrischen Bereich zum Einsatz.

Nichtoxidkeramiken sind Siliziumcarbid- und Kohlenstofferzeugnisse, die nicht mit Ton oder einfachen Oxiden, sondern mit Bindemitteln auf Kohlenstoff- oder Stickstoffbasis gebunden sind. Als Bindemittel wurden früher häufig Braun- und Steinkohlenteer (Teerpech), später Phenolharz verwendet. Wegen ihrer extremen Hitzbeständigkeit werden diese Produkte vorwiegend im Feuerfestbereich, z. B. als Schmelztiegel in der Metallurgie eingesetzt. Weitere Erzeugnisse sind Pfannenschieberplatten, Spezialstranggussmaterialien, Rinnenmassen und Stichlochmassen.

1.3 Technologie

Die Herstellungstechnologie unterscheidet sich nach den beschriebenen Werkstoffgruppen sowie innerhalb dieser durch spezielle Rohstoffeigenschaften und Produkthanforderungen (Abmessungen, Wasserdichtheit, Frostbeständigkeit, ...). In den einzelnen Prozessstufen der Herstellung wird eine Vielzahl von Hilfsstoffen verwendet.

An Altstandorten der Ziegel- bzw. Grobkeramikherstellung wurde meist nur eine der nachfolgend beschriebenen Technologien eingesetzt.

Herstellung von Silikatkeramik:

Verallgemeinerte technologische Prozessstufen

Masseaufbereitung

Die Herstellung des Pulvers erfolgt aus den angelieferten und auf Freihalden oder überdacht gelagerten Rohstoffen. Die gewünschten Produkteigenschaften können den Zusatz von 2 – 3 Lehm- und Tonkomponenten erfordern. Oft werden dem plastischen Ton vorgebrannte Materialien, wie Schamotte zugesetzt. Nach der Zerkleinerung der Rohstoffe in Brechern bzw. Mühlen erfolgt die Trennung des Vielkorngemisches durch Siebmaschinen oder Stromklassierung (z. B. Zentrifugalklassierung). Anschließend erfolgt die Mischung der meist als trockenes Pulver, aber auch als Suspension oder als bildsame Masse vorliegenden Stoffe. Wird mit suspendierten Massen gearbeitet schließt sich eine Entwässerung an, die meist mechanisch oder thermisch erfolgt. Bei zu feinem Pulver kann ein Granulieren der Massen durch Mahlen, Walzen oder durch Granulatoren notwendig sein. Danach wird die aufbereitete Masse in Bunkern, Mauktürmen oder Silos zwischengelagert. Vor dem Pressen wird der Masse die endgültige Formgebungsfeuchte (z. B. 20 – 22 %) zugeführt. Des Weiteren können Formgebungshilfsmittel, Verflüssigungsmittel, Plastifizierungsmittel und Verfestigungsmittel zugesetzt werden.

Formgebung

Bei der Formgebung erfolgt die Verdichtung und Entlüftung der Masse sowie die Herstellung der Produktform meist durch Pressen (z. B. Strangpressen) aber auch durch Gießen (Schlickergießen) oder Extrudieren. Nach dem Pressen erfolgt die Teilung der einzelnen Formlinge mittels Abschneider. Danach werden die Formlinge auf Trocknerwagen bzw. Paletten gesetzt.

Trocknung

Die Trocknung dient der Brandvorbereitung des Formlings durch Wasserentzug. Er wird dabei in Kammer- oder Durchlauf Trocknern, häufig mit Hilfe von Ofenabwärme, bis auf einen Restfeuchtegehalt von 2 – 5 % getrocknet. Der Formling zieht sich entsprechend der verdunsteten Wassermenge zusammen.

Glasierern

Bei einigen Keramikprodukten wird auf den noch nicht fertig gebrannten Scherben durch Tauchen, Besprühen oder Begießen eine Glasur aufgebracht. Die Glasurrohstoffe liegen dazu als wässrige Aufschlämmung vor. Sie bilden beim anschließenden Brennen glasartige 0,14 – 0,4 mm dicke Überzüge. Dadurch wird eine glattere und farbige Oberfläche erreicht und die technischen Eigenschaften (z. B. elektrisches Verhalten, chemische Beständigkeit, ...) des Produktes verbessert. Dem Glasieren kann eine Nach-trocknung folgen.

Brennen/Sintern

Dabei erhält der Formkörper seine endgültigen Eigenschaften. Das Brennen erfolgt bei den meisten keramischen Werkstoffen zwischen 1100 und 2000 °C in gas-, öl- oder kohlebeheizten Öfen (z. B. Tunnelöfen). Aus Gründen der Energieeinsparung wird eine Erniedrigung der Sintertemperatur durch die Zugabe von Flussmitteln angestrebt. Nach dem Brennen erfolgt die Kühlung der Produkte auf 50 – 150 °C.

Sortieren/Verpacken/Verladen

Das Entleeren der Öfen kann mittels Hubstapler, Entlademaschinen oder manuell erfolgen, wobei die Ware sortiert und geprüft wird. Die Verpackung erfolgt mittels Umreifung, Einschweißen mit Folie und Holzpaletten als Ladegutträger.

Herstellung schmelzgegossener Feuerfesterzeugnisse der oxidischen Keramik:

Die Arbeitsgänge der Masseaufbereitung werden in den üblichen Anlagen durchgeführt. Danach erfolgt die Zugabe der Rohstoffmischung zum Schmelzofen (elektrischer Lichtbogenofen) und das Ausgießen der Schmelze in Formen aus Sand, Graphit oder Grauguss. Nach dem ersten Abkühlen werden die Gussstücke entformt und in ein Temperbett zur weiteren langsamen Abkühlung gegeben. Gegebenenfalls schließt sich eine Oberflächenbehandlung mit Diamantwerkzeugen zur Glättung der Gussstücke an.

Herstellung nichtoxidischer Keramik:

Das Mischen der zerkleinerten SiC-Körnungen bzw. der Kokse erfolgt bei ca. 150 °C unter Zugabe von erwärmtem Teerpech zur Herstellung einer steifplastischen Masse. Nach dem Pressen erfolgt das Brennen

der in eine Koksschüttung eingepackten Formlinge in Spezialöfen. Bei SiC-Produkten schließt sich eine weitere Erwärmung an Luft ($> 1000\text{ °C}$) an, wobei das dem Rohstoff zugegebene Ferrosilizium und Ferromangan an den Oberflächen zu einer glasigen Schutzschicht oxidiert. Gegebenenfalls werden die Produkte nachträglich imprägniert bzw. glasiert. Bei Kohlenstoffzeugnissen kann sich ebenfalls eine zweite thermische Stufe zum Graphitieren der Produkte anschließen. Dazu werden die Teile in einem Graphitofen in Graphit- oder Koksgrus eingebettet. Bei ca. 3000 °C erfolgt die Umwandlung der Kohlenstoffstruktur in die regelmäßige Graphitstruktur.

1.3.1 Schadstoffe

Nachfolgend werden die eingesetzten Roh- und Hilfsstoffe benannt, wobei nur wenige der Einsatzstoffe altlastenrelevant sind.

Bei der Grobkeramikherstellung werden vorwiegend folgenden Rohstoffe eingesetzt:

- mineralische Rohstoffe der Grobkeramikindustrie, vor allem Ton und Kaolin
- Braun- und Steinkohlenteer bzw. Phenolharz für die Herstellung nichtoxidischer Keramik enthalten zu unterschiedlichen Anteilen Phenole, PAK und BTEX.

Als Hilfsstoffe, insbesondere bei der Herstellung von Silikatkeramik, werden eingesetzt:

- Ausbrennstoffe, wie Braun-, Stein-, und Holzkohle, Sägemehl, Korkmehl, werden zugesetzt, um eine gewisse Porosität der Masse zu erzielen, sie sind nach dem Brennen nicht mehr nachweisbar. Eine Porenbildung kann auch durch Schäumung mit dem Zusatz von Schaumbildnern (z. B. Saponin) zur verschlickerten Masse erreicht werden.
- Verflüssigungsmittel werden zur Senkung der Fließspannung der Suspension eingesetzt. Dazu werden Soda, Wasserglas, Natriumoxalat, Natriumpyrophosphat und Gerbstoffe (z. B. Tannin) verwendet.
- Plastifizierungsmittel sind meist organische, zähviskose, wasserlösliche Verbindungen, wie Sulfitablauge, Stärke, Dextrin, Celluloseäther oder Paraffine.
- Zur Vermeidung von Ausblühungen kann Bariumkarbonat zur Masse gegeben werden.
- Stanzöle sind z. B. Ölsäure (Olein), Mineralöle, Wachse oder Stearinsäure, sie werden der Masse zugesetzt, um eine bessere Gleitfähigkeit zu erzielen und ein Kleben an den Stanzformen zu vermeiden.
- Glasurrohstoffe bestehen aus Fritten (unvollständiges Glas) mit Farbkörpern (anorganische, temperaturbeständige Pigmente): meist Bormineralien (Borax, Colemanit), Bleirohstoffe (Bleiglätte, Mennige, Bleisilikat), Alkalien (Karbonate), Farbkörper und Trübungsmittel (Zinn-, Zink-, Cadmium-, Titanoxide, Fluoride, Silikate). Weitere Glasurarten sind die Lehmglasur für Steinzeugprodukte und die Salzglasur (Kochsalz).
- Flussmittel enthalten Fluoride und dienen der Erniedrigung der Sintertemperatur mit dem Ziel der Energieeinsparung.

1.3.2 Charakterisierung der vorkommenden Stoffe und Stoffgruppen

Barium ist nur in Form seiner löslichen Verbindungen bei oraler Aufnahme gefährlich. Das lösliche Bariumkarbonat wirkt als Muskelgift, führt zu langsamer Herzrhythmus sowie zu Magen-Darm-Kolik.

Bor / Borsäure: kristallines Bor ist geruchlos, unlöslich und bildet sehr harte, glänzende Kristalle, die chemisch sehr stabil sind. Borsäure ist in kaltem Wasser schwer und in heißem Wasser sehr leicht löslich. Eine Aufnahme von nur 5 g kann bereits tödlich wirken.

Fluoride sind Salze des Fluorwasserstoffs. Die Aufnahme erfolgt über Stäube, Fluoridnebel oder in gelöster Form. Sie wirken in höheren Konzentrationen giftig und können wichtige Stoffwechselfunktionen blockieren. Hydrogene können Fluorwasserstoff abspalten, welches ätzend wirkt. Fluoride werden am Boden relativ stark gebunden, wobei die Geschwindigkeit der Fluoridbindung von den Bodeneigenschaften abhängt.

BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) sind leicht flüchtige und in der Umwelt sehr mobile aromatische Kohlenwasserstoffe. Sie vermischen sich wenig mit Wasser und schwimmen auf der Wasseroberfläche auf. BTEX verteilen sich schnell mit dem Blut im gesamten Körper, reichern sich v.a. im Gehirn, Fettgewebe und Knochenmark an. Benzol wirkt krebserzeugend und embryoschädigend.

PAK sind feste, kaum wasserlösliche, schwer abbaubare und reaktionsträge Verbindungen. Sie können vom Menschen oral, dermal und inhalativ aufgenommen werden. PAK erzeugen Krebs am Ort ihrer Einwirkung (Magen- und Darmtumore, Hauttumore, Lungenkrebs).

Phenole weisen einen charakteristischen Geruch auf, sind gering flüchtig und mobil im Boden und Grundwasser. Aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit wirken sie stark gewässerschädigend. Phenole sind biologisch abbaubar. Vom Menschen können Phenole oral und dermal resorbiert werden. Bei oraler Aufnahme von 1 g Phenol tritt der Tod durch Atemlähmung ein. Phenolvergiftungen führen zu irreversiblen Nierenschäden, Störungen des Zentralnervensystems, Blutbildveränderungen und wirken ätzend bei Hautkontakt.

Schwermetalle

Blei wird von Menschen und Tieren hauptsächlich über Wasser und die Atmung aufgenommen. Die Aufnahme von ca. 1 mg/Erwachsener/Tag bewirkt eine Beeinträchtigung der Blutbildung und des Nervensystems. Bleivergiftungen führen zu Lähmungen, Koliken und Hirnschäden. Im Boden bildet Blei stabile Komplexe mit org. Bodenbestandteilen, wodurch die seine Mobilität gemindert wird. Die Löslichkeit von Bleiverbindungen wird durch den pH-Wert bestimmt und erreicht sein Maximum bei pH 5.

Cadmium ist pflanzenverfügbar und kann vom Menschen oral oder inhalativ aufgenommen werden. Es wirkt toxisch und steht im Verdacht Krebs zu erzeugen. Cadmiumverbindungen werden im Boden an Tonmineralen und Humusbestandteilen stark adsorbiert. Die Löslichkeit hängt vom pH-Wert ab und ist im sauren Milieu höher durch die Bildung löslicher organischer / anorganischer Komplexverbindungen.

Chromverbindungen sind giftig, karzinogen und können oral, dermal oder durch die Inhalation von Staub in den menschlichen Körper gelangen. Chrom kommt in der Natur als Chrom (III) und Chrom (VI) vor, wobei das gut lösliche und gefährlichere Chrom (VI) unter natürlichen Verhältnissen schnell zum stabilen, weniger wasserlöslichen Chrom (III) reduziert wird. Saures Milieu und die Anwesenheit organischen Materials im Boden beschleunigen diese Reaktion. Die geringere Wasserlöslichkeit führt zur Chromfixierung im Boden.

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

Tab. 1: Altlastenrelevante Stoffe und Stoffgruppen bei Ziegeleien / Grobkeramikherstellung und deren chemische Analyseparameter

Herkunft / Verwendung	Stoffgruppe	Analyseparameter
Rohstofflager bei der Herstellung von SiC-Erzeugnissen	Teerpech, Phenolharz	Phenolindex, BTEX, PAK
Masseaufbereitung: Bindemittel bei der Herstellung von SiC-Erzeugnissen	Teerpech, Phenolharz	Phenolindex, BTEX, PAK
Zusatzstoff zur Masse vor der Formgebung	Bariumkarbonat	Barium
Zusatzstoff zur Masse vor der Formgebung	Stanzöle	MKW
Zusatzstoff zur Masse vor der Formgebung	Flussmittel	Fluorid

Fortsetzung Tab. 1: Altlastenrelevante Stoffe und Stoffgruppen bei Ziegeleien / Grobkeramikherstellung und deren chemische Analyseparameter

Glasurrohstoffe, Pigmente	Fritten mit Farbkörpern	Bor, Schwermetalle: Blei, Cadmium, Chrom, ...
---------------------------	-------------------------	-----------------------------------------------

Sonstige:		
Pressen- und Maschinenstandorte, Gasgeneratoranlagen zur Energieerzeugung, Lager	Hydrauliköle, Transformatorenöl, sonstige Schmierstoffe und Reinigungsmittel, Teere	MKW, PCB, LHKW, Phenolindex, PAK, BTEX
Kohlelagerplätze	Brennstoffe	Schwermetalle
Halden, meist Verfüllung früherer Tongruben	Aschen, Bruch, Teere, Schlacke, sonstige Abfälle	Schwermetalle, PAK, Phenolindex

2 Hinweise zur Altlastenbehandlung

2.1 Altlastenrelevanz

Aufgrund des möglichen Gefährdungspotentiales werden Ziegeleien und Werke zur Herstellung von Grobkeramikprodukten als Altlastenverdachtsflächen bewertet. Maßgebend für das Gefährdungspotential sind dabei die Produktionszeiträume am Altstandort. Mit Ausnahme der Herstellung von Nichtoxidkeramiken unter Verwendung von Bindemitteln resultiert der Altlastenverdacht meist nur untergeordnet aus den branchenspezifischen Roh- und Hilfsstoffen, da vorwiegend natürlich vorkommende Materialien eingesetzt werden. Bei der Herstellung von Nichtoxidkeramik besteht das Hauptkontaminationspotential durch die Lagerung und Verarbeitung von Teerpech bzw. Phenolharz. Der frühere sorglose Umgang mit den betreffenden Stoffen hat in der Vergangenheit zu Verunreinigungen der Schutzgüter geführt. Das Hauptkontaminationspotential wird durch mögliche Leckagen der Behälter und Maschinen sowie durch Handhabungs- und Abtropfverluste bestimmt.

An Altstandorten der Grobkeramikherstellung sind aufgrund der beschriebenen Technologien folgende Schadstoffherde bei einer Bewertung zu berücksichtigen:

- Bevorratungs- und Lagereinrichtungen, Leitungssystem für die zum Einsatz bestimmten Rohstoffe und Hilfsstoffe
- Standorte und Anlagen der Mischeinrichtungen
- Abwassereinleitung (Indirekt- oder Direkteinleitung).

Weitere Kontaminationsquellen:

Nachfolgend werden weitere Altlastenverdachtsflächen benannt, die für Altstandorte typisch sind, jedoch nicht nur für Standorte der Grobkeramikherstellung zutreffen. Sie werden deshalb in den anschließenden Kapiteln nicht weiter berücksichtigt.

- Aufgrund der zum Brennen benötigten hohen Temperaturen existierten auf dem Betriebsgelände häufig separate Anlagen zur Energieerzeugung, wobei bis Mitte der 70er Jahre meist Gasgeneratoren betrieben wurden. Dabei fielen unter anderem Teere (Kratzteer), Schlacke und Asche an.
- Schadstoffhaltige Abluft und Stäube aus den Befeuerungsanlagen können während ihres Betriebes zu einer Beeinträchtigung der Umwelt geführt haben. Beim Abriss der Ofenstandorte mit ihren Rauchgaskanälen und Schornsteinen kann schadstoffhaltiger Staub und ggf. Sonderabfall (PAK belastete Bausubstanz) entstehen.
- Betriebstankstellen, Garagen, Schmiermittellager und Parkflächen können zu Verunreinigungen mit Treib- und Schmierstoffen geführt haben.
- Standorte für oft vorhandene Trafos, Kompressoren, Palettenwagen, Pressen (früher meist Hydraulikpressen) oder sonstige Maschinenstandorte weisen prinzipiell ein Gefährdungspotential durch die eingesetzten Betriebsflüssigkeiten auf (MKW, PCB).
- Typisch für Altstandorte der Grobkeramikherstellung ist die Ablagerungen der anfallenden Abfälle auf Halden innerhalb des Betriebsgeländes, wobei hier oftmals frühere Tongruben verfüllt wurden. Abgelagert wurden vor allem Asche, Bruch, ggf. Filter der Abgasreinigung und die beim Betrieb von Gasgeneratoranlagen anfallenden Teere und Schlacken.
- Kohlelagerplätze.

Bei Altstandorten wurden die Produktions- und Lagerflächen häufig direkt auf dem anstehenden Untergrund (meist Tone) oder auf Ziegelfußböden mit Fugen errichtet. In diesen Fällen kann das Schutzgut **Boden** nur als unversiegelt bzw. teilversiegelt eingestuft werden. Eine Gefährdung des Bodens geht ebenfalls von den o. g. Deponien aus. Insbesondere bei der Verarbeitung von Bindemitteln (nichtoxidische Keramik) ist mit altlastenrelevanten Verunreinigungen des Bodens mit z. T. sehr mobilen Schadstoffen (z. B. Phenole) zu rechnen.

Es können sowohl relativ gut lösliche Stoffgruppen, wie Phenole, Fluorid oder einige Schwermetalle (abhängig vom pH-Wert) als auch relativ immobile Schadstoffe (PAK) auftreten. Bei entsprechendem Schadstoffpotential, langen Nutzungszeiträumen und gegebenen geologischen / hydrogeologischen Standortbedingungen ist eine Auswaschung der Schadstoffe mit dem Sickerwasser bis in das Schutzgut **Grundwasser** möglich. Eventuell vorhandene Lösungsvermittler können diesen Vorgang beschleunigen. Einige der relevanten Schadstoffe werden als stark wassergefährdend (WGK 3) eingestuft. Eine Beeinträchtigung des Schutzgutes Grundwasser ist somit nicht auszuschließen. Ein Überblick zu Wasserlöslichkeiten und dem Verhalten in Wasser wird in

Tab. 4 gegeben.

Das Schutzgut **Oberflächenwasser** kann vorwiegend über das verunreinigte Grundwasser, über die Einleitung von Abwässern oder oberflächiges Abspülen durch Niederschlag beeinträchtigt sein. Bei der Herstellung keramischer Erzeugnisse sind laut Rahmen-AbwasserVwV vorwiegend Schwebstoffe sowie die Schwermetallgehalte (Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Zn) als Abwasserinhaltsstoffe relevant. Beim Übertreten ins Oberflächenwasser ist mit einer Schädigung von Wasserorganismen zu rechnen.

Das Schutzgut **Luft** ist bei Altstandorten kaum relevant, da die verwendeten Schadstoffe als nicht oder schwer flüchtig einzustufen sind. Bei der Verwendung von Teerpech / Phenolharz sind Geruchsbelästigungen denkbar. Von stillgelegten Befeuerungsanlagen geht keine Gefährdung mehr für die atmosphärische Luft aus. Modernere Anlagen sind nach BImSchG genehmigt und mit entsprechenden Abluftfiltern ausgerüstet.

2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

Folgende Schutzgüter können gefährdet sein:

- Boden
- Grundwasser
- Luft
- Oberflächenwasser.

Menschen, Tiere und Pflanzen unterliegen durch die Nutzung der einzelnen Schutzgüter sowie durch den direkten Kontakt mit diesen einer Gefährdung.

2.3 Gefährdungsabschätzung nach der Sächsischen Altlastenmethode

Auf Standorten von Ziegeleien und Grobkeramikwerken ist grundsätzlich eine Altlastenrelevanz gegeben. Diese werden somit stets als Altlastenverdachtsflächen, im speziellen als Altstandorte erfasst.

2.3.1 Verdachtsfallerfassung und formale Erstbewertung

Verdachtsfallerfassung und Erstbewertung erfolgen nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT- UND LANDESENTWICKLUNG (1997 a) im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA). Folgende Kriterien sind bei der Herstellung von Grobkeramik besonders zu beachten:

(7) Art der Verdachtsflächen: Ziegeleien und Grobkeramikwerke sind grundsätzlich als Altstandorte zu bewerten.

(14) Kontaminierte Fläche: Diese sollte nach den örtlichen Gegebenheiten und unter Berücksichtigung der möglichen Verdachtsflächen abgeschätzt werden.

(15) Volumen: Falls die Eindringtiefe bekannt ist bzw. abgeschätzt werden kann, ist das errechnete Volumen anzugeben, anderenfalls unbekannt anzukreuzen.

(16) Entfernung zu Schutzgütern: Diese sind entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu ermitteln.

(17) Durchlässigkeitsstufe: Kann aus dem geologischen Kartenmaterial entnommen werden.

(18) Sohllage zum Grundwasser: Es ist der Abstand des tiefsten bekannten bzw. abgeschätzten Schadstoffpunktes zur Grundwasseroberfläche anzugeben. Falls nicht bekannt, ist die Geländeoberfläche als Bezugspunkt zu nehmen. Unterirdische Anlagen sind selten vorhanden.

(20) Einordnung in Branchenschlüssel und Belastungsstufen: Ziegeleien/Grobkeramikwerke zählen zur Hauptgruppe I: produzierendes und verarbeitendes Gewerbe.

Tab. 2: Einordnung der Ziegeleien und Grobkeramikherstellung in Branchenschlüssel, Branchen und Gefährdungsklassen

Branchenschlüssel	Branche	Gefährdungsklasse
0500	Grobkeramik	24
0510	Ziegelei	23

2.3.2 Historische Erkundung und Bewertung (Beweisniveau 1)

Die Historische Erkundung ist nach den in Sachsen herausgegebenen Handbüchern zur Altlastenbehandlung durchzuführen und zu bewerten:

- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1998), Band 4/1998, Historische Erkundung von altlastenverdächtigen Flächen.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995), Teil 3, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser und Teil 4, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG für Oberflächenwasser und für Luft (in Vorbereitung a und b).
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung)
- EDV-PROGRAMM: GEFA VERSION.3.0. - nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1996 a und b).

Für die Stoffgefährlichkeit sind die pfadspezifischen r_0 -Werte aus SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung) zu entnehmen.

Stoffgefährlichkeit – r_0 :

Die Festlegung der Stoffgefährlichkeit ist durch die Brancheneinstufung oder entsprechend der verwendeten Schadstoffe bei Vorliegen von konkreten Hinweisen und höherem r_0 -Wert vorzunehmen.

Brancheneinstufung:

- Allgemein für Ziegeleien: $r_0 = 0,5 - 3,0$
- Allgemein für die Grobkeramikerstellung: $r_0 = 0,5 - 3,5$.

Einstufung nach konkreten Schadstoffen (Tab. 3):

Die Bewertung bezieht sich dabei auf das Schutzgut menschliche Gesundheit (r_0 (hum)-Wert), wobei zwischen den relevanten Aufnahmepfaden zu unterscheiden ist:

- Orale Schadstoffaufnahme: Betrachtung über die Pfade Boden – Mensch bzw. Boden – Grundwasser – Mensch
- Inhalative Aufnahme leichtflüchtiger Schadstoffe: Betrachtung über den Pfad Boden – Luft – Mensch
- Inhalative Aufnahme staubförmiger Schadstoffe (Ausnahmefall): Betrachtung über den Pfad Boden – Staub – Mensch.

Der r_0 (öko)-Wert geht ausschließlich in die Bewertung des Schutzgutes Oberflächenwasser als Maß für die mögliche ökotoxikologische Schadstoffwirkung in aquatischen Ökosystemen ein.

Tab. 3: Stoffgefährlichkeit- r_0 -Werte für chemische Stoffe und Stoffgruppen für Ziegeleien und die Grobkeramikherstellung

Parameter	r_0 (hum)-Wert		r_0 (öko)-Wert
	oral	inhalativ flüchtig, (staubförmig)	
Barium + Verbindungen	2,6	(4,4)	4,1
Bor + Verbindungen	1,9	(3,6)	3,5
Fluorid	2,4	(2,3)	4,0
Σ BTEX	3,6	3,5	
Σ PAK	5,4	(5,2)	Benz(a)pyren: 6,0
Phenol	2,9	1,9	4,6
Blei + Verbindungen	3,0	3,0	5,5
Cadmium	3,5	(5,4)	6,0
Chrom + Verbindungen*	2,5 – 2,6		3,0 – 5,5

* ... Einzelwerte für Cr(III) und Cr(IV) und Verbindungen in STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung): Handhabung von Orientierungswerten sowie Prüf- und Maßnahmenwerten zur Gefahrenverdachtermittlung für die Altlastenbehandlung in Sachsen.

Örtliche Bedingungen, m-Werte:

Die spezifischen Standortbedingungen sind einzelfallbezogen zu bewerten. An Hand des vermuteten Schadstoffspektrums erfolgt eine „worst-case-Betrachtung“. Die schadstoffabhängigen Einflussfaktoren werden abgegrenzt.

Grundwasser - m_1

- Lage zum Grundwasser: in ungesättigter Zone $m_1 = 1,2$ (andere Auswahlbereiche, falls unterirdische Anlagen vorhanden)
- Oberflächenabdichtung: bei befestigten oder überdachten Bereichen $\Delta m = -0,1$; sonst $\Delta m = \pm 0$
- Oberflächenabdeckung: bei versiegelten oder bewachsenen Flächen $\Delta m = 0,1$; sonst $\Delta m = \pm 0$
- Oberflächenwasserableitung: bei versiegelten bzw. überbauten Flächen mit geordnetem Abfluß $\Delta m = \pm 0$, ansonsten keine wirksame Ableitung mit $\Delta m = \pm 0$ (sehr steile Oberflächengestaltung eher unwahrscheinlich)
- Löslichkeit oder Aggregatzustand: sollte in jedem Fall, soweit Einsatzstoffe bekannt sind, nach
- Tab. 4 eingegeben werden.

Tab. 4: Altlastenrelevante Stoffgruppen unter Berücksichtigung der Wasserlöslichkeit

Stoffgruppe	Inhaltstoffe	Löslichkeit in Wasser bei 20 °C	Verhalten in Wasser	Quelle für Wasserlöslichkeiten
Barium	Bariumkarbonat	Löslich		ALTLASTEN-EXPLORER
Bor	Borax, Borsäure	54,65 g/l bei 25 °C	Mit zunehmendem pH-Wert steigt die Adsorption an Tonen, Al- u. Fe-Oxiden.	KOWALEWSKI, 1993; ALTLASTENEXPL.
Fluorid	Fluorid	max. 188 g/l		ALTLASTENEXPL.

Fortsetzung Tab. 4: Altlastenrelevante Stoffgruppen unter Berücksichtigung der Wasserlöslichkeit

Stoffgruppe	Inhaltstoffe	Löslichkeit in Wasser bei 20 ° C	Verhalten in Wasser	Quelle für Wasserlöslichkeiten
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol	Benzol: 1780 mg/l Toluol: 515 mg/l Ethylbenzol: 152 mg/l Xylol: 147-185 mg/l	Benzol: WGK: 3, Toluol: WGK: 2, Ethylbenzol: WGK: 1 Xylol: WGK: 2, Allgemein: hohe Mobilität, biologisch gut abbaubar, geringe Aufenthaltszeit wegen hoher Flüchtigkeit.	KOCH, 1995
PAK	z. B. Benzo(a)pyren	z. B. Benzo(a)pyren: 0,0008 - 0,01 mg/l	WGK 2, biol. schwer abbaubar	ALTLASTEN-EXPLORER
Phenole	Phenol	Phenol: 67 g/l	WGK 2; mit steigendem pH-Wert steigt die Löslichkeit, biologisch gut abbaubar, große Mobilität	KOCH, 1995
Schwermetalle	z. B. Blei		Löslichkeit in Wasser abhängig vom Salzgehalt und pH-Wert des Wassers, anaerobe Bedingungen: überwiegend unlösliches Bleisulfid, aerobe Bedingungen überwiegend Bleisulfat Bleisalze: WGK 2, organische Bleiverbindungen: WGK 3	

Grundwasser – m_{II}

- Sorbierbarkeit: Bei Stoffgemischen wird der Stoff mit der niedrigsten Sorbierbarkeit herangezogen. In Abhängigkeit Humus- und Tongehalt gelten Schwermetalle, Fluoride und PAK als relativ gut adsorbierbar. Bei geringem bis mittlerem bzw. starkem Humus- oder Tonanteil ergibt sich für Benzol mittel, $\Delta m = \pm 0$; ansonsten gering, $\Delta m = \pm 0$.
- Acidität: bei Schwermetallen und saurem pH-Wert: $\Delta m = + 0,1$; sonst $\Delta m = \pm 0$.
- Lösungsvermittler: Bei Mischkontaminationen können BTEX als Lösungsvermittler für PAK und organische Lösemittel als Lösungsvermittler für Phenole wirken. - Vorhandensein von Lösungsvermittlern $\Delta m = + 0,1$.
- Abbaubarkeit in der ungesättigten Zone: Schwermetalle, PAK, Barium, Bor: nicht leicht abbaubar $\Delta m = \pm 0$. BTEX, Phenole, Fluorid: leicht abbaubar $\Delta m = - 0,1$.

Grundwasser - m_{III}

- Abbaubarkeit und Sorption in der gesättigten Zone: Bewertung analog m_{II}-Wert.

Grundwasser - m_{IV}

- Aufbereitungsmöglichkeiten: Schwermetalle können bei Trinkwasseraufbereitungsanlagen bei vorhandenen Flockungs- und Fällungsstufen mit Eisen- und Aluminiumsalzen bzw. Kalkhydrat oder durch Bodenpassagen zu unterschiedlichen Prozentsätzen reduziert werden. BTEX, Phenole und PAK sind bei Bodenpassagen (Langsandsandfilter) durch Adsorption bzw. biologischen Abbau entfernbar. Sie werden ebenfalls an Aktivkohle adsorbiert. Die Aufbereitung von fluoridbelastetem Grundwasser ist durch Filtration über Aktivtonerde möglich. Bei Vorhandensein der entsprechenden Aufbereitungsstufe $\Delta m = - 0,2$; ansonsten nicht vorhanden, $\Delta m = \pm 0$.
- Verdünnung: abhängig von den lokalen hydrogeologischen Gegebenheiten und den Schadstoffeigenschaften (Löslichkeit, Dichte).

Boden – r₀

- r₀- Wert: analog r₀ - Pfad Grundwasser (Stoffgefährlichkeit).

Boden - m_I

Fallzuordnung: Prinzipiell können alle 4 in der Methodik beschriebenen Fälle auftreten. Diese sind standortgebunden und gemäß des Einzelfalles zu prüfen und zu bewerten.

- Fall 1: $\Delta m = 1,0$ (der zu schützende Boden ist die Altlast selbst)
- Fall 2: $\Delta m = 0,6$ (der zu schützende Boden liegt in der Umgebung der Altlast)
- Fall 3: $\Delta m = 0,7$ (der zu schützende Boden liegt unter einer Altlast)
- Fall 4: $\Delta m = 0,9$ (der zu schützende Boden liegt über einer Altlast).
- Abdeckung bzw. Abdichtung: wie m_I – Grundwasser.
- Flüchtigkeit: BTEX sind leicht flüchtig, $\Delta m = \pm 0$; sonst $\Delta m = + 0,1$.
- Löslichkeit oder Aggregatzustand : siehe Grundwasser m_I – Wert (Tab. 4).
- Sorption, Acidität, Lösungsvermittler: wie m_{II} – Grundwasser.

Boden - m_{II}

Grund – m_{II} – Wert: einzelfallbezogen bewerten

- | | |
|-------------------------------------------------------|------|
| – Altlast selbst ist Schutzobjekt (Fall 1) | 1,2 |
| – Angrenzende Altlast (Fall 2, Fall 3, Fall 4) | 1,0 |
| – geringe Entfernung von der Altlast (Fall 2) | 0,9 |
| – Größere Entfernung von der Altlast (Fall 2) | 0,8 |
| – Gerade noch im Einflussbereich der Altlast (Fall 2) | 0,7. |

Boden - m_{III}

- Abbau: Schwermetalle, PAK, Barium, Bor: kein relevanter Abbau möglich, m_{III} = 1,0. BTEX, Phenole: Abbau – wesentlicher Abbau möglich, m_{III} = 0,8 - 0,9 (Schwermetalle können biologischen Abbau stören). Chrom (IV) kann chemisch zum weniger toxischen Chrom (III) reduziert werden. Phenole können in gewissem Umfang photolytisch abgebaut werden.
- Toxische Abbauprodukte: nicht bekannt $\Delta m = \pm 0$.
- Verweilzeit im Boden: bei Schwermetallen, Bor, Barium und PAK ist die Verweilzeit hoch, $\Delta m = \pm 0$. BTEX und Phenole sind überwiegend leicht lösliche bzw. flüchtige Schadstoffe, $\Delta m = - 0,1$.

Boden - m_{IV}

- Nutzungskriterien: müssen standortspezifisch eingetragen werden.

Luft und Oberflächenwasser

Gefährdete Schutzgüter Luft und Oberflächenwasser müssen derzeit noch mit den Erfassungsbögen und den Ausfüllhinweisen nach dem ALTLASTENHANDBUCH BADEN-WÜRTTEMBERG, TEIL I durchgeführt werden.

Bei der Bewertung des Schutzgutes Luft sind eventuelle Geruchsbelästigungen durch Phenole bei der Verwendung von Teerpech / Phenolharz zu berücksichtigen. Leichtflüchtige Komponenten, wie BTEX, treten nur untergeordnet auf.

2.3.3 Technische Erkundung (Beweisniveau 2 und 3) und Bewertung

Ergibt die Historische Erkundung Hinweise auf eine mögliche Gefährdung bezüglich der Schutzgüter, so ist die Orientierende Untersuchung gemäß BBodSchV und SÄCHSISCHEM STAATSMINISTERIUM FÜR

UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995) durchzuführen und nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung) zu bewerten. Für die Probenahmen gelten die BBodSchV bzw. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998). Durch chemische Untersuchungen erfolgt die erste reale qualitative Erfassung der Schadstoffbelastung. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der generellen Bestimmung der bodenkundlichen, geologischen und hydrogeologischen Situation vor Ort. Die Orientierende Untersuchung ist gegebenenfalls abgestuft durchzuführen. Es sollten zuerst Methoden mit wenig technischem Aufwand gewählt werden.

Ist nach der Orientierenden Untersuchung weiterer Handlungsbedarf erforderlich, folgt die Detailuntersuchung. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung umfaßt weitere technische Maßnahmen zur lateralen und vertikalen Eingrenzung der Kontamination und zur Untersuchung des speziellen Schadstoffinventars. Die Gefährdungsabschätzung erfolgt nutzungsbezogen und im speziellen Hinblick auf die betroffenen Schutzgüter. Im Ergebnis der Untersuchung können Sofortmaßnahmen, Maßnahmen zur Sicherung / Sanierung, eine fachtechnische Überwachung sowie das Belassen in der Altlastenverdachtsfalldatei festgelegt werden.

Die folgenden Tab. 5 und 6 enthalten das chem. Analysenspektrum, welches im konkreten Fall und entsprechend des Untersuchungsmediums an die Ergebnisse der Historischen Erkundung bzw. der Orientierenden Untersuchung anzupassen ist.

Boden

Mittels Bodenproben aus unterschiedlichen Teufenbereichen sind die Kontaminationsschwerpunkte zu untersuchen. Dadurch sind Rückschlüsse auf die räumliche Schadstoffverteilung möglich. Das durch die Historische Erkundung ermittelte bzw. vermutete Schadstoffspektrum ist qualitativ und quantitativ zu erfassen.

Bodenluft

Die Entnahme von Bodenluftproben kann im Allgemeinen entfallen, da vorwiegend schwer flüchtige Stoffe verwendet werden. Bei der Herstellung von nichtoxidischer Keramik mit Teerpech treten die leichtflüchtigen BTEX als untergeordnete Stoffgruppe auf. Wird dennoch eine Probenahme für erforderlich gehalten sind die örtlichen Gegebenheiten und geologischen Verhältnisse zu beachten und ein geeignetes Entnahmeverfahren gemäß der Materialien zur Altlastenbehandlung SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998) zu wählen.

Grundwasser

Die Entnahme der Grundwasserproben hat unter Beachtung des DVGW-Merkblattes W 112 (1983) und SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998) im An- und Abstrom zu erfolgen. Dazu müssen mindestens eine Messstelle im Anstrom und zwei Messstellen im Abstrom beprobt werden. Bereits vorhandene Brunnen bzw. Messstellen sind vorrangig zu nutzen. 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.

Tab. 5: Analysenplan mit Grundparametern der Orientierenden Untersuchung und Detailuntersuchung

Allgemeine Parameter	Boden	Grundwasser
Geruch	X	X
Trübung	-	X
Temperatur	-	X
pH-Wert / elektr. Leitfähigkeit	X	X
Farbe (qualitativ)	X	X
Sauerstoffgehalt	-	X
DOC / TOC	X	X
Trockensubstanz	X	-

Tab. 6: Analysenplan mit branchenspezifischen Parametern der Orientierenden Untersuchung und Detaileruntersuchung

Parameter	Boden	Grundwasser	Beweisniveau
AOX / EOX	X	X	2
Phenole	X	X	2 / 3
PAK	X	X	2 / 3
BTEX*	X	X	2 / 3
Kohlenwasserstoffe (IR)*	X	X	2 / 3
Blei	X	X	2 / 3
Cadmium	X	X	2 / 3
Chrom, ges.	X	X	2 / 3
Borat	X	X	2 / 3
Fluorid	X	X	2 / 3
Barium	X	X	3
Chrom (VI)*	X	X	3
Untersuchungsprogramm für seltenere Umgangsstoffe*			
LHKW	X	X	2 / 3
PCB	X	X	2 / 3
Cyanid (gesamt)	X	X	2 / 3
Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium	-	X	2
Chlorid, Nitrat, Sulfat, Ammonium	-	X	2
Kupfer, Nickel, Zink, Zinn, Cobalt, Antimon, Aluminium, Eisen, Mangan, Quecksilber	X	X	3

- Diese Stoffe kommen nur in Ausnahmefällen bzw. untergeordnet vor. Eine analytische Überprüfung dieser Substanzen wird auf dem BN 3 und bei Verdacht ihres Auftretens empfohlen.

Bewertung

Auf BN2 ist eine formale Bewertung mit dem Programm GEFA 3.0 analog der Bewertung der Historischen Erkundung durchzuführen. Der Erkenntniszuwachs durch ermittelte analytische, geologische und hydrogeologische Daten ist zu spezifizieren. Somit wird hier nur auf die Besonderheiten in der Bewertung hingewiesen.

Stoffgefährlichkeit- r_0 :

Der Grundwert der Stoffgefährlichkeit wird nicht mehr nach der Branche eingestuft, sondern nach den tatsächlich analytisch nachgewiesenen Einsatzstoffen bzw. dadurch ermittelten chemischen Parametern. Bei Stoffgemischen ist der Schadstoff mit dem höchsten r_0 -Wert zu wählen.

Grundwasser und Boden

Die nachgewiesenen Stoffeigenschaften sind entsprechend zu aktualisieren und zu spezifizieren:

- m_I bis m_{III} : bei Stoffgemischen sind gegenseitige Wechselwirkungen zu beachten (z. B. Abbaubarkeit, Lösungsvermittler, Sorption).

- Analysenwerte der ermittelten Schadstoffe sind in den Verfahrensschritt m_{IV} einzutragen und werden mit den Prüf- und Maßnahmenwerten bzw. mit den Besorgnis- und Dringlichkeitswerten nach SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG, STAATSMINISTERIUM FÜR SOZIALES, GESUNDHEIT UND FAMILIE, (1995) bzw. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (in Vorbereitung) verglichen und entsprechend bewertet.
- Die entsprechenden geologischen und hydrogeologischen Ergebnisse dieses Untersuchungsganges sind in das Umweltinformationssystem Sachsen - Programm UHYDRO zu übernehmen.
- Durch die gewonnenen Erkenntnisse der Orientierenden Untersuchung bzw. Detailuntersuchung ist die Gefährdung der einzelnen Schutzgüter darzustellen und nach BBodSchV zu bewerten. Daraus ist der weitere Handlungsbedarf abzuleiten.

Auf BN 3 sind entsprechend SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung c) Schadstofffrachten zu berechnen. GEFA findet keine Anwendung.

2.4 Sanierungsuntersuchung

Ist im Ergebnis der Gefährdungsabschätzung die Notwendigkeit einer Sanierung festgestellt worden, ist die Sanierungsuntersuchung gemäß Teil 8, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1999), durchzuführen.

2.5 Sanierung

Die Sanierung erfolgt gemäß Teil 9, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2000).

Da jeder Sanierungsfall seine eigene Spezifik aufweist, sind Verfahrenskombinationen z. T. sehr vorteilhaft, werden jedoch aufgrund der Vielzahl hier nicht im einzelnen beschrieben.

2.5.1 Biologische Verfahren

Prinzip: Durch Zugabe von Mikroorganismen, ggf. Sauerstoff- und Nährstoffzugabe Abbau bzw. Umwandlung organischer Schadstoffe.

Stand der Technik: On-site- und Off-site-Sanierungen des ausgehobenen Materials in Mieten oder Bioreaktoren. In-situ-Verfahren sind möglich, aber von geringer Bedeutung.

Eignung/Anwendung: nicht geeignet für schwermetallkontaminierte Böden, bei PAK nur bedingt einsetzbar, gut geeignet bei Phenolen, MKW, BTEX – soweit diese Stoffe nicht in inhibitorischen Konzentrationen vorliegen (Phenole), vorheriger Abbaustest erforderlich.

Wirkungsgrad/Kosten: Zum Teil hoher Platzbedarf bei der on-site Sanierung. Sehr langsame Abbauvorgänge, die nur bedingt kontrollierbar sind. Kosten ca. 100 DM/t.

2.5.2 Thermische Verfahren

Prinzip: Bei den thermischen Verfahren wird zwischen der Verbrennung im Nieder-, Mittel-, und Hochtemperaturverfahren (<300 °C; 300 – 650 °C; > 900 – 1500°C) und der Pyrolyse 400 – 800 °C (sauerstofffrei) unterschieden.

Stand der Technik: Die ausgehobenen Massen werden zu stationären Anlagen mit Direkt-, Indirekt- oder Wirbelschichtbefeuerung transportiert.

Eignung/Anwendung: vorwiegend für organische Stoffe; nicht geeignet für schwerflüchtige Schwermetalle.

Wirkungsgrad/Kosten: Hoher Energieaufwand bei guter Kontrollierbarkeit des Sanierungserfolges. Hoher Wirkungsgrad bei sehr hohen Kosten (220 – 500 DM/t).

2.5.3 Extraktions- und Waschverfahren

Prinzip: mehrmaliges Waschen des belasteten Bodens mit Wasser unter Einsatz von Extraktionsmitteln, Säuren, Basen oder anderen Zusätzen.

Stand der Technik: On-site- und off-site-Behandlung in stationären oder mobilen Einrichtungen. Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik, je nach Schadstoff.

Eignung/Anwendung: Geeignet für mittel- bis grobkörnige Böden. Die Behandlung von feinkörnigem Material ist problematisch (Schlammanfall, sinkender Durchsatz). Mögliche Schadstoffe: Schwermetalle, Teer-Kohlenwasserstoffe, Cyanide, Mineralöle.

Wirkungsgrad/Kosten: Mittlerer Energieverbrauch bei guter Kontrollierbarkeit des Sanierungserfolges. Entsorgung der aufkonzentrierten Reststoffe und Schlämme notwendig. Kosten ca. 100 – 350 DM/t.

2.5.4 Hydraulische Verfahren zur Grundwassersanierung

Prinzip: gezielte Veränderung der hydrodynamischen Verhältnisse im Untergrund durch Abpumpen von kontaminiertem Grundwasser. Anschließend erfolgt die oberirdischer Reinigung. Je nach Reinigungsgrad wird das aufbereitete Wasser verrieselt bzw. im Kanalnetz abgeleitet.

Stand der Technik: Absenkbrunnen in üblicher Bautechnik und Wasserbehandlung durch bewährte Verfahren: Aktivkohlefilter für PAK, Phenole, BTEX; katalytische Oxidation oder Fällung und Flockung bei Schwermetallen.

Eignung/Anwendung: abhängig von geologischen/hydrogeologischen Standortverhältnissen sowie der Löslichkeit der Schadstoffe. Als Nachteile gelten: lange Sanierungszeiten, energieintensiv, entsorgungsinintensiv (z.B. beim Gebrauch von Aktivkohle), hoher Überwachungsaufwand, Probleme durch zu hohe Gehalte an Fe, Mn und Härte im Grundwasser (Verockerung und Störung der Aufbereitung).

Wirkungsgrad/Kosten: Abhängig vom Schadstoffspektrum, den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen, Kosten sind somit nicht zu verallgemeinern.

2.5.5 Immobilisierung

Prinzip: Sicherungsmaßnahme durch Mischen des kontaminierten Bodens meist mit zementhaltigen Bindemitteln. Es erfolgt eine Reduzierung der Mobilität der Schadstoffe für Emissionsvorgänge. Immobilisierungsverfahren sind: Verfestigung, Verglasung und Fixierung.

Stand der Technik: On-site- und Off-site-Verfahren in stationären oder mobilen Anlagen mit den Schritten Aushub, Behandlung (Vorsortieren, Homogenisieren, Mischen), Wiedereinbau am Standort oder auf Deponien.

Eignung/Anwendung: Für Böden mit hohem Feinkornanteil und Mischkontaminationen geeignet. Da die Schadstoffe erhalten bleiben, ist nur eine unsensible Nachnutzung des Geländes möglich.

Wirkungsgrad/Kosten: Geringer Energieverbrauch mit verhältnismäßig günstigen Kosten (100 – 250 DM/t).

2.5.6 Sanierungsüberwachung

Aufgrund der meist komplexen Schadstoffsituation und um die Umsetzung des Sanierungskonzeptes zu gewährleisten, ist eine Sanierungsüberwachung unabdingbar.

Neben der Eigenüberwachung des Sanierers ist durch den Sanierungsbegleiter eine analytische Überwachung durchzuführen. Weiterhin erfolgt die Kontrolle der Einhaltung aller gesetzlichen und arbeitsschutztechnischen Vorschriften.

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

Des Weiteren steht das Sächsische Altlastenfachinformationssystem „SALFA-WEB“ mit der Publikation von Referenzobjekten zu den branchenbezogenen Altlasten im Internet (<http://www.lfug.de>) und auf CD-ROM zur Verfügung.

Bundesweite Angaben können durch das „Technologieregister zur Sanierung von Altlasten“ (EDV-Programm TERESA, UMWELTBUNDESAMT, 1997) bezogen werden.

Aktuelle Informationen sind auch über den Ingenieurtechnischen Verband Altlasten (ITVA) erhältlich.

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

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

3 Literaturhinweise

HAASE, T. (1961): Keramik – 1. Aufl., VEB Verlag für Wissenschaften, Berlin.

INGENIEURBÜRO FÜR GEOTECHNIK GMBH (1997): Historische Erkundung des Betriebsgeländes

MAMMUT – Wetro Schmelztiegelwerk GmbH – Betriebsteil Freital, Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, Bautzen.

INGENIEURBÜRO FÜR GEOTECHNIK GMBH (1998): Historische Erkundung des Betriebsgeländes MAMMUT – Wetro Schmelztiegelwerk GmbH – Betriebsteil Wetro, Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, Bautzen.

KLEIN, A. (1993): Deutsche Keramik von den Anfängen bis zur Gegenwart. Ernst Wasmuth Verlag Tübingen.

KOCH, R. (1995): Umweltchemikalien. - Physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte, Umweltverhalten – 3. Aufl., VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

KOWALEWSKI, J. B. (1993): Altlastenlexikon, Verlag Glückauf GmbH, Essen.

KRAUSE, E. (1985): Technologie der Keramik. VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, Altenburg, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.

SALMANG, H.; SCHOLZE, H. (1983): Keramik, Teil 2 – Keramische Werkstoffe. Springer-Verlag Berlin – Heidelberg - New York – Tokyo.

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

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

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

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG, LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1995 a): Handbuch zur Altlastenhandlung, Teil 1, Anlage 1: Grundsätze der Altlastenbehandlung in Sachsen. - Terminologie, Dresden.

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

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995 c): Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, Anlage 7: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser - Anwenderhandbuch, Dresden.

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

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG, LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1996): Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4, Anlage 7: Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden, Dresden.

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG, LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1997 a): Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 2: Verdachtsfallfassung und formale Erstbewertung, Dresden.

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

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (in Vorbereitung a): Gefährdungsabschätzung, Pfad Luft.- Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 6, Dresden.

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