

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung	Stand: 11/99 Bearbeiter: Dr. Daffner DI Scheppat Umweltbüro GmbH Vogtland
Referat Altlasten	7: Agrochemische Zentren	Seiten: 17

1 Branchentypisches Schadstoffpotential

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Wichtige gesetzliche Bestimmungen und Verordnungen gab es in der DDR, POKORNY, D. (1979):

- Gesetz zum Schutz der Kultur- und Nutzpflanzen vom 25.11.1953; GBl. der DDR; Teil II; 1953
- Gesetz über den Verkehr mit Giften - Giftgesetz vom 07.04.1977; GBl. der DDR; Teil I; 1977
- Verordnung über die Leitung, Planung und Organisation des Pflanzenschutzes in der DDR - Pflanzenschutzverordnung vom 10.08.1978; GBl. der DDR; Teil I; 1978
- Erste Durchführungsbestimmung zur Pflanzenschutzverordnung vom 10.08.1978; GBl. der DDR; Teil I; 1978
- Dritte Durchführungsbestimmung zur Tierseuchenverordnung - Verhütung und Bekämpfung von Bienenseuchen, Parasitosen und Vergiftungen der Honigbiene vom 08.06.1978; GBl. der DDR; Teil I; 1978
- Gesetz über die planmäßige Gestaltung der sozialistischen Landeskultur in der DDR; 14.05.1970

Folgende Gesetze und Richtlinien sind aktuell:

- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) mit Verordnungen; 27. September 1994
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998 einschließlich der Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), gültig seit 12. Juli 1999
- Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (SächsABG); 20. Mai 1999
- Richtlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts - Wasserhaushaltsgesetz (WHG); in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. November 1996
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG); April 1993, mit Überarbeitung von 1998
- Richtlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege - Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG); in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. August 1997
- Chemikaliengesetz (ChemG); 12. März 1987

1.2 Einteilung

In Agrochemischen Zentren (ACZ) erfolgt einmal die Lagerung von Dünge-, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln und zum anderen der Umschlag dieser Stoffe.

Bei allen recherchierten Untersuchungsobjekten sind in den ACZ Technikstützpunkte mit Werkstätten, Garagen und teilweise Betriebstankstellen integriert. Diese nicht branchentypischen Bereiche werden bei der Erstellung dieses Merkblattes nicht betrachtet.

Damit erfolgt im Wesentlichen eine Einteilung in die Teilbereiche Umschlag, Lagerung, Reinigungsflächen für Geräte und Anlagen für die Spritzbrüherest-Entsorgung unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten.

1.3. Schadstoffe

1.3.1 Charakterisierung der vorkommenden Stoffe und Stoffgruppen

Feste Mineräldünger:

Feste Mineräldünger werden in der Tabelle 1 aufgezeigt.

Tab. 1: Feste Mineraldünger, AGRODIENST LEIPZIG GMBH (1991), POKORNY, D. (1979)

Düngerart	Hauptbestandteile	physikalische Eigenschaften
Stickstoffdünger:		
Kalkammonsalpeter (KAS) 25 % N	NH_4NO_3 , CaCO_3	körniges prilliertes Granulat
Kalkammonsalpeter (KAS) 28 % N	NH_4NO_3 , CaCO_3	körniges prilliertes Granulat
Harnstoff 46 % N	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	körnige Prillis
Ammonsulfat 21 % N	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	grobkristallines Salz
Phosphatdünger:		
Superphosphat 7-9 % P	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaSO_4	P- Komponente 90 % wasserlöslich
Alkalisinterphosphat 11-12 % P	CaNaPO_4 , Ca_2SiO_4	P- Komponente 80 % ammonzitatlöslich
Mg-Phosphat 8 % P	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_4$, CaSO_4	P- Komponente zitronensäurelöslich
Thomasphosphat 5-7 % P	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$, CaO	P- Komponente zitronensäurelöslich
Rünaphos 10-15 % P	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}, \text{F})_2$	P- Komponente 70 % ameisensäurelöslich
Kaliumdünger:		
Kalidüngesalz 60* 49,8 % K	KCl , NaCl	
Kalidüngesalz 50* 40-43 % K	KCl , NaCl	
Kalidüngesalz 40* 31,5-35 % K	KCl , NaCl	
Kamex 31,5-35 % K	KCl , NaCl , MgSO_4	
Kainit 10-13,3 % K	NaCl , KCl , MgSO_4	
schwefelsaures Kali 40-43 % K	K_2SO_4	
Kalkdünger:		
Kamsdorfer Mg- Mergel 32,0 % Ca	CaCO_3 , MgCO_3	
Kalkmergel 32,0 % Ca	CaCO_3 , MgCO_3	
Leunakalk 27,2 % Ca	CaCO_3	
Branntkalk 53,6 % Ca	CaO	
Löschkalk 46,5 % Ca	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	
Bunakalk 45,0 % Ca	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	
Magnesiumdünger:		
Kamsdorfer Mg- Mergel 10 % Mg	MgCO_3	
Kieserit- Konzentrat 11 % Mg	MgSO_4	
Kainit 4,5 % Mg	MgSO_4	
Kamex 2,0 % Mg	MgSO_4	

* Handelsbezeichnung auf K_2O -Basis

Flüssige Mineraldünger:

Flüssige Dünger besitzen Vorteile bei den Umschlag-, Transport- und Ausbringungsarbeiten. Sie weisen in der Regel gegenüber Granulaten niedrigere Nährstoffkonzentrationen auf. Die unterschiedlich starken Konzentrationsschwankungen der flüssigen Dünger bedingen auch eine geringere Wirkeffektivität ihres Einsatzes. Unsachgemäßes Ausbringen führt häufig zu erheblichen Belastungen von Oberflächen- und Grundwasser. Neben dem flüssigen Stickstoffdünger wird auch Gülle als ein Gemisch aus Kot und Harn für die Düngung verwendet. Jedoch ist eine Lagerung von Gülle in Agrochemischen Zentren meist nicht vertreten.

Tab. 2: Flüssige Mineraldünger, AGRODIENST LEIPZIG GMBH (1991), POKORNY, D. (1979)

Düngerart	Hauptbestandteile	physikalische Eigenschaften
Stickstoffdünger - Ammoniumharnstofflösung (AHL) 28 % N	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 40 Gew.-% NH_4NO_3 30 Gew.-% $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 30 Gew.-% H_2O	leicht ätzend, nicht toxisch, brennbar und explosiv, Kontakt mit H_2SO_4 führt zur Zersetzung und Freisetzung giftiger Gase; Kontakt zu CaO setzt NH_3 frei; Wasserschadstoff

Mehrnährstoffdünger:

Die Mehrnährstoffdünger werden in Komplex- und Mischdünger unterteilt. Komplexdünger ist das Produkt von Reaktionen, die bei der Herstellung zu chemischen Verbindungen mit mehreren Nährstoffen führen. Hingegen liegen die Nährstoffe im Mischdünger getrennt in verschiedenen chemischen Bindungen vor, POKORNY, D. (1979).

Komplexdünger sind: N P K - Dünger
 N P - Dünger
 N K - Dünger
Mischdünger sind: P K - Dünger

Pflanzenschutzmittel (PSM):

Chemische Pflanzenschutzmittel wie Insektizide, Herbizide und Fungizide führen zu biochemischen Reaktionen physiologischer Vorgänge zwischen dem Wirkstoff und dem spezifischen Reaktionspartner im Schadenserreger, POKORNY, D. (1979).

Insektizide: Die Wirkung erfolgt auf das periphere bzw. zentrale Nervensystem und hemmt somit lebenswichtige Enzyme der Schädlinge. Bei dem Einsatz von Insektiziden werden auf der Oberfläche der Pflanzen zunächst Rückstände gebildet. Bei Insektiziden mit Tiefenwirkung dringt der Wirkstoff durch die Kuticula der Pflanze. Dadurch werden saugende Insekten systematisch bekämpft. Weitere Wirkungen sind die Atemwirkung, Kontaktwirkung und Fraßwirkungen bzw. Wirkungskombinationen. Zu den Insektiziden gehören Phosphororganische Verbindungen, CKW und Carbamate.

Herbizide: Herbizide bewirken eine Hemmung der Photosynthese oder der Keimung und führen zu Wachstumsstörungen der Pflanzen. Neben den Blatt- Boden- Herbiziden, deren Aufnahme durch die Blatt- bzw. Wurzelbereiche realisiert wird, gibt es die Kontakt-Herbizide und translokale Herbizide. Kontakt-Herbizide töten die Assimilationsorgane der Pflanze bei direktem Kontakt ab. Translokale Herbizide werden durch die Pflanze transportiert. Ihre Wirkung breitet sich auch auf nicht direkt getroffene Pflanzenteile aus. Zu den Herbiziden gehören Chlorierte Phenoxy-carbonsäuren, Triazine, Carbamate und Harnstoffderivate.

Fungizide: Fungizide wirken auf Proteine sowie die allgemeinen Zellfunktionen der pilzlichen Erreger und werden in Kontakt-Fungizide (nur vorbeugender Schutz) und systemische Fungizide unterschieden. Vorteil der systemischen Fungizide ist die bekämpfende Wirkung auch bei bereits infizierten Pflanzen. Zu den Fungiziden gehören anorganische, metallhaltige organische und sonstige organische Fungizide.

Tab. 3: Wichtige Wirkstoff-Gruppen der PSM, POKORNY, D. (1979)

Chemische PSM	Insektizide	Fungizide	Herbizide
Wichtige Wirkstoff-Gruppen	Phosphororganische Verbindungen	Chlorierte Verbindungen	Chlorierte Verbindungen
	Chlorierte Verbindungen	Metallhaltige Verbindungen	Stickstofforganische Verbindungen
	Carbamate, Pyrethroide	Carbamate	Carbamate, Chlorphenoxycarbonsäuren

1.3.2 Zusammenfassung der altlastenrelevanten Stoffe und Stoffgruppen und deren Zuordnung zu Analysenparametern

Mit folgenden Stoffen und Stoffgruppen ist bei Agro-Chemischen Zentren zu rechnen.

Beim Umgang mit diesen Stoffen am konkreten Standort ergeben sich dann die entsprechenden Analysenparameter.

Tabelle 4: Zuordnung von Stoffen/Stoffgruppen zu typischen Handelsprodukten und zu Analysenparametern, PFLANZENSCHUTZMITTEL (1986)

Stoffgruppe	Beispiele für Handelsprodukte	Wirkstoffe/Schadstoffe	Analysenparameter
Düngemittel			
Stickstoffdünger	Kalkammonsalpeter (KAS)	NH ₄ NO ₃ , CaCO ₃	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Phosphatdünger	Superphosphat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , CaSO ₄	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kaliumdünger	Kamex, Kainit	KCl, NaCl, MgSO ₄	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kalkdünger	Kalkmergel, Kamsdorfer Mg-Mergel	CaCO ₃ , MgCO ₃	pH-Wert, Leitfähigkeit
Magnesiumdünger	Kieserit-Konzentrat	MgSO ₄	SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Insektizide			
Phosphororganische Verbindungen	Fekama-Dichlorvos 50, Delicia-Milon, Ultracid 40EC, Viozene, Bi 58, Nexion EC 40, Wofatox, Imidan 50 WP, Zolone 35 EC,	Dichlorvos, Malathion, Pyrethrum, Methidathion, Fenchlorvos, Dimethoat, Chlorfenvinphos, Bromophos, Parathion-methyl, Phosmet, Phosalon, Lösungsmittel (Xylol),	Phosphororgano-Pestizide, AOX, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , BTEX, Br ⁻
Chlorierte Verbindungen	Pflanzol, DTMC, Thiodan 35, Helm-Endosulfan e.c., berecam-Aero-Super, berecam-Ditox, Drinox, Kerb Mix B, Karmex, Melipax EC 60	Lindan, Pyrethrum, Dicofol, Endosulfan, DDT, Methoxychlor, Heptachlor, Endrin, Diuron, Camphechlor, Pentachlorphenol	Chlororgano-Pestizide + Metaboliten, EOX*, AOX**, Chlorbenzole, PCP, TCP, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Carbamate	Karbatox-Extra P 75, Curaterr, Furadan, Yaltox, Pirimor 50 DP	Carbaryl, Carbofuran, Pirimicarb	Aminocarbonsäuren

Fortsetzung Tabelle 4: Zuordnung von Stoffen/Stoffgruppen zu typischen Handelsprodukten und zu Analysenparametern, PFLANZENSCHUTZMITTEL (1986)

Stoffgruppe	Beispiele für Handelsprodukte	Wirkstoffe/Schadstoffe	Analysenparameter
Pyrethroide	Sumicidin, Ripcord 10, Ambush 25 EC	Fenvalerat, Cypermethrin, Permethrin	Pyrethroide
Fungizide			
Metallverbindungen	berecema-Zineb-Kupfer, Santar	Kupferoxidchlorid, Quecksilberoxid	Cu, Sn, As, Hg, Cr-(VI), Cr _{ges}
Chlorierte Verbindungen	Perchlorbenzene, Malipur	Hexachlorbenzol (HCB), Captan	Chlororgano-Pestizide + Metaboliten, Chlorbenzole, HCB, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Carbamate	Carbendazim-Spritzpulver, Triticol, Oftanol, Cercobin M, Dithane M45, berecema-Zineb 90	Carbendazim, Thiram, Thiophanat-methyl, Mancozeb, Ziram, Zineb	Aminocarbon-säuren
Herbizide			
Chlorierte Verbindungen	Probanil, Ramrod, Burex, TCA-AAtrichon, Namedit	Chlorpropham, Propachlor, Chloridazon, Trichloressigsäure (TCA), Nitrofen	Chlororgano-Pestizide + Metaboliten, Chlorbenzole, TCA, TCP, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Stickstofforganische Verbindungen	Azaplant-Kombi, Elburon, Probanil, Uvon-Kombi 33, Unkraut Ex, Treflan 2EC, Sencor „WG“, Igrater 50 WP, Duroplant	Simazin, Atrazin, Ametryn, Amitrol, Propazin, Prometryn, Trifluralin, Metribuzin, Metobromuron	Triazine, Phenylharnstoffe, Dinitroanilinverb., F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Chlorphenoxycarbonsäuren	SYS 67 Oxytril C, Basagran DP, Banvel M, Aqua-Vex, Woldusin, Malcid combi,	Mecoprop, Dichlorprop, MCPA, Fenoprop, 2,4-D, 2,4,5-T	Chlorphenoxycarbonsäuren
Carbamate	Alirox 80 EC, Elbanox	EPTC, Propham	Aminocarbonsäuren

* EOX als Leitparameter für Lindan,

** AOX als Leitparameter für Pentachlorphenol

Bei den Grundwasser- bzw. Bodeneluatuntersuchungen sollte neben der Analyse der PSM- Parameter die Untersuchung der Parameter Ammonium-N, Nitrat-N, Nitrit-N, Sulfat, Chlorid, Fluorid und AOX zur Beurteilung der Düngemittelexposition durchgeführt werden. Eine Bewertung im Altlastenbereich ist für diese Stoffe nicht vorgesehen. Ihr Nachweis dient als Hinweis, daß mit diesen Stoffen an dieser Stelle umgegangen wurde und weitere altlastenrelevante Analysen notwendig sind. Außerdem können sie für Massenbilanzen herangezogen werden.

Tabelle 7 enthält ausgewählte Wirkstoffe von PSM, die Wasserschadstoffe darstellen, mit Angaben zur Toxizität nach letaler Dosis LD 50 (Ratten) und nach Fischtoxizität. Diese Werte können bei der Einschätzung einer Gefährdung z.B. bei Relevanz von Fischgewässern hilfreich sein

Tab. 5: Angaben der Toxizität der wichtigsten PSM, POKORNY, D. (1979), G & P (1992)

PSM- Wirkstoffe	LD ₅₀ [mg/kg] Ratte p.o.	Fischtoxizität
2.4.5-T (* chlorierte Phenoxy-carbon-säure)	400 - 800	stark
2,4-D (* chlorierte Phenoxy-carbon-säure)	1564	mäßig
Ametryn	1405	stark
Atrazin	3080	mäßig
Benomyl	10000	-
Bentazon	-	mäßig
Butonat	3000	mäßig
Captan	15000	stark
Carbaryl	630	stark
Champhechlor	65	stark
Chloralhydrat	1080	mäßig
Chlormequat	660	mäßig
Demephion	45	stark
Dicamba	-	keine
Dichlorprop	150	stark
Dimethoat	675	mäßig
DNOC	40	stark
Etephon	7000	mäßig
Ethofumesat	-	schwach
Lindan	125	stark
Maneb	7500	stark
Mecoprop	930	mäßig
Parathionmethyl	250	mäßig
Phenylquecksilberacetat	40	stark
Prometryn	3150 - 3750	stark
Propazin	5000	stark
Propham	3500	mäßig
Simazin	5000	stark

(-): keine Angaben recherchiert

*: Substanzgruppe

Tab. 6: Am häufigsten vorkommende PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte im Grundwasser, UBA (1999)

Desethylatrazin	Terbuthylazin	Dikegulac
Atrazin	Bentazon	1,2-Dichlorpropan
Simazin	Isoproturon	Mecoprop
Bromacil	Desethylterbuthylazin	Hexachlorbenzol
Hexazinon	Lindan und Isomeren	Monuron
Desisopropylatrazin	2,6-Dichlorbenzamid	Chlortoluron
Propazin	Metolachlor	
Diuron	Metalaxyl	

2 Hinweise zur Altlastenbehandlung

2.1 Altlastenrelevanz

1966 wurde mit dem planmäßigen Aufbau von Agrochemischen Zentren (ACZ) in der DDR begonnen. Die meisten ACZ wurden für die landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft (LPG), gärtnerische Produktionsgenossenschaft (GPG), volkseigene Genossenschaft (VEG) und bäuerliche Handelsgenossenschaft (BHG) als zwischenbetriebliche Einrichtungen (ZBE) aufgebaut. Somit wurde eine industriemäßige Pflanzenproduktion mit hoher Effektivität geschaffen. Um die Effektivität zu gewährleisten, wurden neben der Lagerung und dem Umschlag von agrochemischen Produkten ein Wartungsbereich für die Technik errichtet.

Boden: Aufgrund der Lagerung der Düngemittel und der PSM sind Untersuchungen auf Bodenkontaminationen grundsätzlich einzuplanen. Eine Akkumulation von Schadstoffen ist aufgrund der Mobilisierungsneigung nur bei geologischem Schichtenwechsel zur undurchlässigen Schicht zu erwarten.

Grundwasser: Mit dem Vorhandensein von Grundwasserkontaminationen ist bei Agrochemischen Zentren und bei Havarien mit Pflanzenschutzmitteln stets zu rechnen. Dies ist für das Untersuchungsprogramm zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Wasserlöslichkeit der organischen Wirkstoffe der Pflanzenschutzmittel sind die analytischen Untersuchungen auf dem Grundwasserpfad durchzuführen.

Oberflächenwasser: Eine Kontamination von Oberflächenwasser ist bei der Ausbringung der Düngemittel bzw. PSM und bei Havariiefällen zu besorgen. Die Lagerung der Düngemittel wurde größtenteils in Luftzelten oder festen Umbauten praktiziert. PSM sind ausschließlich in festen Gebäuden gelagert worden. Bei Düngemittelfreilagerung können bei nicht geklärter Wasserhaltung (eigene Aufbereitung, Indirekteinleitung) Oberflächenwasserkontaminationen eingetreten sein.

Luft: Emissionen über den Luftpfad sind bei Betriebsstillstand nicht zu erwarten.

2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

Gefährdete Schutzgüter sind:

- Boden
- Grundwasser
- Oberflächenwasser.

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

2.3 Gefährdungsabschätzung nach der Sächsischen Altlastenmethodik

Agrochemische Zentren bedingen aufgrund der durch die verwendeten Stoffe implizierten Gefährdungspotentials eine Bewertung nach Sächsischer Altlastenmethodik (SALM).

2.3.1 Verdachtsfallerfassung und Formale Erstbewertung

Im Sächsischen Altlastenkataster SALKA erfolgt die Erfassung und Formale Erstbewertung der Altstandorte, die programmgestützt realisiert wird. Für Standorte Agrochemischen Zentren sind folgende Kriterien zu beachten:

(7) Art der Verdachtsfläche:

Flächen der Agrochemischen Zentren sind generell als Altstandorte zu bewerten. Dabei ist die Bewertung entsprechend verdachtsflächenbezogen vorzunehmen.

(14/ 15) Fläche/ Volumen:

Es sind die relevanten Bereiche, also die Bereiche auf denen mit agrochemischen Stoffen umgegangen wurde bzw. die von der Exposition betroffen sein könnten, abzuschätzen. Zu den möglicherweise kontaminierten Flächen sind zu rechnen:

- Umschlagsplätze,
- freie und geschlossene Lagerbereiche,
- Reinigungsflächen für Geräte,
- betriebliche Kläranlagen, Spritzbrüheentsorgung (Kanalisation)
- Wartungs- und Werkstattbereiche (hier nicht Untersuchungsgegenstand),

Wartungs- und Werkstattbereiche sind anschließend gesondert zu bewerten.

(18) Sohlage zum Grundwasser:

Wenn keine Kenntnis über den tiefsten Schadstoffpunkt vorhanden ist, gilt als Bezugspunkt die Tiefe von unterirdischen Anlagen wie z.B. der Abwasserkanäle oder der unterirdischen Lagerbereiche.

(20) Einordnung in Branchenschlüssel und Belastungsstufe

Tab. 7: Einordnung in Branchenschlüssel und Gefährdungsklasse, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1997)

Branchennummer	Branchenbezeichnung	Gefährdungsklasse
4000	Agrochemisches Zentrum	35
4060	Lager für Schädlingsbekämpfungsmittel	35

2.3.2 Historische Erkundung und Bewertung (Beweisniveau 1)

Die Historische Erkundung ist nach SALM für die Schutzgüter Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser (in Vorbereitung) durchzuführen. Zur Auswertung ist das Programm GEFA (aktuelle Version V 3.0) heranzuziehen, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995 b), SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995 c), SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1998).

Agrochemische Zentren sind i. d. R. solide gebaut und versiegelt. Eine Historische Erkundung beinhaltet eine erste Ortsbegehung. Diese Ortsbegehung sollte eine erste Begutachtung der versiegelten Fläche und der Kanalisation bzw. betrieblichen Kläranlage auf markante Undichtigkeitspunkte beinhalten.

Bei den Betriebsrecherchen im Rahmen der Historischen Erkundung wird die Bestimmung der Art des Lagerinventars und des Zustandes der Lager eine wesentliche Rolle für die Gefährdungsabschätzung spielen. In der Regel wurden Zwischenlager im Freien am Rande der Ausbringungsfläche benutzt. Die Kapazität der Schläge bzw. die flächenbezogene Austragsdosis sind über die betriebsinterne Dokumentation der LKW- Fuhren recherchierbar. Somit sind Erkenntnisse zum Austrag von Dünge- und Pflanzenschutzmittel gewinnbar. Die Ausbringung bzw. der Umgang mit den PSM läßt im Umfeld eine langsame Dekratierung des Bodens und des Grundwassers besorgen.

Stoffgefährlichkeit r_0 :

Tab. 8: Zuordnung der branchenspezifischen Gefährdung, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995 c)

Branchennummer	Branchenbezeichnung	r_0 -Wert
4000	Agrochemisches Zentrum	4,0 – 6,0
4060	Lager für Schädlingbekämpfungsmittel	6,0

Bei einer Lagerung von PSM ist ein Herangehen mit dem Faktor $r_0 = 6$ notwendig. Bei einer ausschließlichen Düngemittellagerung sollte auf $r_0 = 4,0$ orientiert werden.

Örtliche Bedingungen, m-Werte:

Schadstoffabhängige Faktoren werden im folgenden eingegrenzt.

Grundwasser m_I :

- Lage zum Grundwasser: Generell ist $m_I = 1,2$. Bei Kontaminationen, die im Grundwasserbereich liegen, ist eine höhere Bewertung anzusetzen.
- Oberflächenabdeckung: Die Flächen der Agrochemischen Zentren sind versiegelt oder anderweitig gegen Austrag in den Boden und in das Grundwasser geschützt (Betonplatte, Asphalt); $\Delta m = \pm 0$. Bei Pflanzenschutzmittellagern ist auf die ordnungsgemäße Abdeckung zu achten. In den Agrochemischen Zentren der DDR wurden die Pflanzenschutzmittel in einer festen Umhausung unter Verschluß gehalten.
- Oberflächenabdichtung: Die Umschlagplätze sind i.d.R. versiegelt (Betonplatten), Düngemittel-lager ausschließlich Freilager und PSM- Lager sind überdacht und umbaut. Damit ist der Schutz gegen Auswaschung durch Niederschlagswasser gegeben. Sind diese Faktoren vorhanden, kann $\Delta m = -0,1$ angesetzt werden.

Ein wichtiger Bewertungsgrundsatz für den Schadstoffaustrag ist die Prüfung der Dichtigkeit:

- des Daches,
- der Regenwasserableitung,
- der Versiegelung,
- der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage.

Die Reinigung der Lagerflächen erfolgte in Form von Ausspritzen und Einleiten in die Kanalisation. Dadurch wird bei Undichtigkeiten der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage eine Integration der Schadstoffe über den Pfad Boden in das Schutzgut Grundwasser vollzogen. Bei Undichtigkeiten des Daches können die gelagerten Stoffe teilweise gelöst und durch auftretende Risse in der Versiegelung über den Boden in das Grundwasser geführt werden.

Fazit: Bei vorhandenen Undichtigkeiten erfolgt eine Bewertung von $\Delta m = \pm 0$.

- Löslichkeit: Der Schadstoffaustrag in das Grundwasser wird stark von der Löslichkeit der zu bewertenden Stoffe bestimmt. Bei flüssigen und sehr leicht löslichen Düngemitteln erfolgt die höchste Bewertung im Programm GEFA.

Tab. 9: Physikalischen Eigenschaften ausgewählter PSM- Wirkstoffe, WASSER & BODEN (1999)

Wirkstoff	Bentazon	Chloridazon	Isoproturon	Metribuzin
Wasserlöslichkeit bei 20 °C [mg/l]	570	340	65	1050
k_d oder (K_{OC})	13,3-176	(89-340)	0,8-4,2	0,32-0,87

Grundwasser m_{II}:

- Abbaubarkeit:
PSM: Eine mikrobielle Abbaubarkeit ist nur sehr eingeschränkt möglich, daher $\Delta m = \pm 0$
nur Düngemittel: $\Delta m = -0,1$.

Grundwasser m_{III}:

- Abbaubarkeit: Abbaubarkeit von Schadstoffen aus Düngemitteln ist vorhanden; $\Delta m = -0,1$.
Düngemittel besitzen anorganische Bestandteile aus den Komponenten N, P, K, Ca, Mg die in ihren Verbindungen durch Mikroorganismen abgebaut werden können und als reaktionsträges Produkt vorliegen.
Bei den organischen Bestandteilen der PSM spielt die Biotoxizität eine wesentliche Rolle. Pflanzenschutzmittel mit hoch toxischen Wirkstoffen (z. B. Champhechlor, Demephion, Lindan) werden durch die Biozönose nicht abgebaut; $\Delta m = \pm 0$.

Grundwasser m_{IV}:

- Aufbereitungsmöglichkeit: Aufgrund des toxischen Potenzials von Pflanzenschutzmitteln werden an die Wasseraufbereitung hohe Anforderungen gestellt. Die Verwendung von Hochleistungsbiofiltern bei der Aufbereitung von PSM- belasteten Grundwässern kann zu einer Zerstörung des biologischen Rasens und somit zum Ausfall des Filters führen. Daher wird eine Verwendung von Aktivkohle-filtern (Adsorption an der großen Filteroberfläche) empfohlen. Für Grundwässer mit anorganischen Düngemittelbelastungen (Nitrat, Ammonium, Phosphat, Calcium etc.) können die konservativen Aufbereitungsmechanismen wie Flockung mit Flockungshilfsmittel, Flotation mit oberflächenaktiven Substanzen und Flotationsmitteln sowie die biologische Aufbereitung (Belebungsverfahren der Denitrifikation) genutzt werden. Von einer Verwendung von Kiesfiltern ist aufgrund des hohen Löslichkeitsproduktes der agrochemischen Produkte abzuraten.

Boden m_I:

- Fallzuordnung: Erfahrungsgemäß werden von den vier genannten Fallarten, Fall 1 (Boden der Altlast $m_I = 1,0$) und Fall 2 (Boden der Umgebung der Altlast $m_I = 0,6$) für die Bewertung herangezogen. Der Schadstoffaustrag der Kontaminanten ist je nach Fall zu spezifizieren:

Boden m_{II}:

Die Bewertung ist mit dem Versiegelungsgrad und dem Zustand der Versiegelung sowie den unterirdischen Bauwerken abzugleichen.

Boden m_{III}:

- Abbaubarkeit: Abbaubarkeit der Düngemittelkomponenten ist möglich (vgl. GW m_{II}). Bei den ökotoxischen PSM- Wirkstoffen ist der Abbau nur bedingt bzw. nicht erreichbar.
- Verweilzeit im Boden: Düngemittel und PSM sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (Löslichkeit, Aggregatzustand [granuliert, flüssig]) sehr gut mobilisierbar; $\Delta m = -0,1$.
- Sorption/ Bindungsstärke: Die Bioverfügbarkeit ist nach dem DVWK- Merkblatt 212 Teil I, Tafeln 4, 5, 6 für die Abschätzung der Bindungsstärke vorzunehmen.
- Wirkung: Bei PSM- Havarien bzw. unsachgemäßer Ausbringung ist mit einer definitiven Wirkung der Kontaminanten auf Pflanzen und andere Lebewesen zu rechnen. Eine Erhöhung bis 0,2 ist zu prüfen.

Boden m_{IV}:

Bei der beprobungslosen Historischen Erkundung nach SALM liegen häufig analytische Ergebnisse zu auftretenden Schadstoffen aus Akten vor. Bei den Untersuchungen handelt es sich um betriebsinterne Analysen des Bodens und des Abwassers. Diese wurden in der Vergangenheit genau dokumentiert und unter Verschuß gehalten. Bei den Recherchen sind besonders den Quellen der Havariezuständigen (Havariebücher), Arbeitsschutz- oder Umweltschutzbeauftragten des jeweiligen Standortes nachzugehen.

2.3.3 Technische Erkundung (Beweisniveau 2 und 3) und Bewertung

Die Orientierende Untersuchung (OU) und Detailuntersuchung (DU) sind nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998), (1999), (1995) durchzuführen.

Eine Bewertung erfolgt nach BBODSCHV (1999) und SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000, in Vorbereitung, a) und

- bei der OU entsprechend SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1995 b), (1995 c)
- bei der DU entsprechend SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000, in Vorbereitung b).

Orientierende Untersuchung (Beweisniveau 2)

Die Orientierende Untersuchung muß anhand erster Standortuntersuchungen und Analysen den Altlastenverdacht bestätigen oder widerlegen. Beispielhafte aber typische Analysenpläne (ACZ mit PSM und Düngemitteln) sind in den Tabellen 10 und 11 enthalten. Sie können als Grundlage für die OU genutzt werden, sind aber an den Einzelfall anzupassen.

Im Beweisniveau 2 erfolgt nochmals eine formale Bewertung analog Beweisniveau 1. Dabei sind die ro-Werte anhand der als relevant eingeschätzten (aus Analysen) Stoffe zu spezifizieren.

Ausgangspunkt der Untersuchungen sind die Umschlag- und Lagerplätze und Prüfungen der Dichtigkeiten der Versiegelung, der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage. Diese Dichtigkeitsprüfungen geben Aufschluss über mögliche Schadstoffherde, die dann durch eine Verengung des Sondierasters lokalisiert werden müssen.

Für die Gefährdungsabschätzung sind Vergleichsbeprobungen zur lokalen Hintergrundbelastung (auch zu Bodenwerten) erforderlich.

Boden: Für die Bodenuntersuchungen werden Proben aus verschiedenen Schichten unterschiedlicher Teufen entnommen und analytisch untersucht. Die Endteufen sollten bis zum Anschnitt des Grundwassers bzw. Schichtenwassers reichen. Proben sind bei organoleptischen Auffälligkeiten, bei geologischem Schichtenwechsel und im GW- Anschnittbereich, jedoch mindestens eine Probe pro Meter zu entnehmen, DIN 4022 (1987), DIN 4023 (1984). Für die agrochemischen Untersuchungsparameter wird sich aufgrund der Mobilisierung der Schadstoffe eine Akkumulation bei geologischem Schichtenwechsel zur kleineren vertikalen Durchlässigkeit und im GW-Anschnittbereich vollziehen.

Grundwasser: Der Analysenplan der Orientierenden Untersuchung ist abhängig von den eingelagerten und umgeschlagenen Stoffen.

Tabelle 10 enthält ein Beispiel eines Analysenplanes bei Umgang mit PSM und Tabelle 11 eines Analysenplanes bei Umgang mit Düngemitteln.

Tab. 10: Beispiel eines standortspezifischen Analysenplanes für PSM, PFLANZENSCHUTZMITTEL (1986)

Handelsnamen der DDR (Beispiele)	Analysenparameter
Malzid combi, Hormin, Woldusin, bercema-Aero-Super, bercema-Becasol	Chlorphenoxy-carbonsäuren
Azaplant-Kombi, Simazin 50%, Trazalex, Uvon-Kombi 33, Yrodazin	Triazine und Phenylharnstoffe, Fluor, Brom, Chlor
Helm-Endosulfan, Pflanzol, Thiodan 35	Chlororgano-Pestizide + Metaboliten, PCP, TCP, EOX, AOX, Fluor, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Ammonium
Elburon, Faliherban, Gesaprimcombi 50 WP, Wonuk	Triazine und Phenylharnstoffe, Fluor, Brom, Chlor
Bi 58 EC, Wofatox, Oleo-Wofatox	Phosphororgano-Pestizide, AOX, Chlorid, Sulfat, Fluor, Brom, (BTEX)
Namedit, Plantulin, Trazalex, Trizilin	Chlororgano-Pestizide + Metaboliten, TCA, TCP, Fluor, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Ammonium
Ambush 25 EC, Ripcord 10	Pyrethroide, Chlor
bercema-Zineb 90, Triticol	Carbamate
bercema-Zineb-Kupfer, Santar	Cu, Sn, As, Hg, Cr-(VI), Cr _{ges}

Neben den spezifischen Analysenplan für PSM, der aus den Handelsprodukten erstellt wurde, sind für Düngemittel die Leitparameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und die Anionen von Bedeutung.

Tab. 11: Beispiel eines Analysenplanes für Düngemittel, POKORNY (1979)

Düngemittel	Handelsname der DDR (Bsp.)	Analysenparameter
Stickstoffdünger	Kalkammonsalpeter (KAS)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Phosphatdünger	Superphosphat	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kaliumdünger	Kamex, Kainit	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kalkdünger	Kalkmergel, Kamsdorfer Mg-Mergel	pH-Wert, Leitfähigkeit
Magnesiumdünger	Kieserit- Konzentrat	SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit

Detailuntersuchung (Beweisniveau 3)

Die Detailuntersuchung muß anhand detaillierter Untersuchungen feststellen, ob eine Altlast vorliegt oder nicht. Eine Bewertung erfolgt anhand von konkreten Expositionsabschätzungen und nicht mehr anhand eines Prüf- und Maßnahmenwertvergleiches und auch nicht mehr anhand der formalen Bewertung mit GEFA.

2.4 Sanierung

Im allgemeinen ist der Einsatz aller Sanierungsverfahren möglich. In-situ-Verfahren sind für die Sanierung im Grundwasserbereich durchführbar. Nachteil der in-situ- Grundwassersanierung ist die aufwendige räumliche Überwachung der Dekontaminationsprozesse.

Bei agrochemisch bedingten Kontaminationen des Bodens mit organischen Schadstoffen sind on-site und off-site Verfahren der Bodenwaschanlagen oder thermischen Bodenaufbereitung möglich. Bei GW-Kontaminationen mit organischen Schadstoffen ist ein Abpumpen und Reinigen über Aktivkohlefilter gängige Praxis.

Bei den on-site- und off-site- Verfahren ist die Überwachung der Reinigung mit moderner Meßtechnik an einem Ort möglich. Bodensanierungen werden über chemisch-physikalische, zum Teil biologische oder thermische Aufbereitungsverfahren on-site bzw. off-site realisiert.

Oberflächenabdichtung und Einkapselung im Rahmen der Sicherung sind für Düngemittelbelastungen aufgrund der hohen Mobilität der Schadstoffe nicht relevant und werden in diesem Merkblatt nicht weiter ausgeführt.

2.4.1 Thermische Sanierungsverfahren für Böden

Mit den thermischen Maßnahmen zur Dekontamination werden alle anorganischen und organischen brennbaren Schadstoffe eliminiert bzw. umgewandelt.

Wirkungsgrad und Kosten

- Niedertemperaturverfahren sind bei vergleichbarer Reinigungsleistung gegenüber den Hochtemperaturverfahren energieärmer und schonender,
- Thermische Verfahren besitzen den höchsten Wirkungsgrad, aber auch einen hohen Energieverbrauch. Die mittleren Kosten werden auf 220 DM/t in Abhängigkeit von der Tonnage geschätzt (Quelle: Auskunft Entsorgungsfirma SUC).

2.4.2 Extraktions- und Waschverfahren für Böden

Stand der Technik

Das Suspensions-Strip-Verfahren u. a. nach Bilfinger + Berger, FISCHER & KÖCHLING (1993), ist zur Dekontamination chlorierter Kohlenwasserstoffe, Aromaten und kurzkettiger Kohlenwasserstoffe geeignet. System TerraCon ist ein Bodenwaschverfahren, welches so konzipiert ist, daß es mit entsprechender Steuerung und Betriebsweise für alle üblichen Kohlenwasserstoffkontaminationen anwendbar wird, FISCHER & KÖCHLING (1993). Die Bodenwaschverfahren verfolgen das Ziel, ohne größeren Chemikalieneinsatz und thermischen Energieaufwand die Schadstoffe zu entfernen. Dabei wird eine mechanische Aufbereitung oder Suspension des Bodens mit anschließendem Waschverfahren unter Zugabe von oberflächenaktiven Stoffen praktiziert.

Eignung/ Anwendung

Die Grenze dieser Verfahren liegt in der Korngröße des Bodens. Ein hoher Schluffanteil ist technisch beherrschbar, aber die Durchsatzleistung sinkt erheblich ab. Mit einigen Verfahren lassen sich organische Kontaminanten aus rolligem und bindigem Material herauslösen.

Wirkungsgrad und Kosten

- Der mittlere Wirkungsgrad ist stark abhängig von der Bodenfraktion.
- Böden mit über 30 % anfallenden Reststoffen sind aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten nicht empfehlenswert.
- Die mittleren Kosten sind abhängig von der Schadstoffart und der Tonnage. Sie werden mit 130 bis 140 DM/t geschätzt (Quelle: Auskunft Entsorgungsfirma SUC).

2.4.3 Biologische Verfahren der Dekontamination von Böden

Für Böden mit agrochemischen Kontaminationen sind biologische Dekontaminationsverfahren grundsätzlich möglich aber aufgrund der starken Ökotoxizität einiger PSM- Wirkstoffe nur bedingt geeignet.

Stand der Technik

Für PSM- kontaminierte Böden gibt es derzeit wenig Erfahrung auf dem Gebiet der in-situ-Prozesse. On-site und off-site-Aufbereitungen werden schon länger angewandt:

- Beetverfahren,
- Mietenverfahren,
- Bioreaktor.

Eignung/ Anwendung

- Gute Eignung ist bei organischen Kohlenwasserstoffen gegeben.
- Die Bodensanierungen mit biologischen Verfahren sind bei ökotoxischen Kontaminanten nicht bis nur bedingt geeignet.

Wirkungsgrad und Kosten

- Im Gegensatz zu anderen Verfahren mit vergleichbarem Wirkungsgrad erfordern biologische Maßnahmen einen hohen Zeitaufwand und Platzbedarf.
- Eine Einschätzung der Kosten setzt Deklarationsanalysen zur Bestimmung des Schadstoffinventars voraus.

2.4.4 Hydraulische Maßnahmen zur GW-Sanierung

Stand der Technik

Verfahren der GW-Dekontamination mit PSM- Schadstoffen mit hohem ökotoxischem Potential (z. B. Champhechlor, Demephion, Lindan) sind:

- Adsorption mit Aktivkohle,
- Flüssig-Flüssig-Extraktion.

Biologische Reinigungsverfahren des gehobenen Grundwassers sind nach FISCHER & KÖCHLING (1993):

- Belebungsverfahren,
- Tropfkörperverfahren,
- Tauchkörperverfahren.

Die biologischen Verfahren sind für Schadstoffe mit einem minderen ökotoxischen Potential (z.B. N, P, K-Dünger, Bi 58 EC < 20 mg/l) geeignet.

Die Belebungsverfahren sind aus den Abwasserbehandlungen in Kläranlagen für die GW-Sanierung entwickelt worden. Dabei wird der Kontakt zwischen Schadstoff und Mikroorganismus durch künstliche Belüftung und Erhöhung der Organismendichte optimiert. Es stellen sich schnelle Abreinigungsraten für Kohlenwasserstoffe ein. Tropfkörperanlagen ähneln den Adsorptionanlagen, jedoch sind die Filterelemente mit Mikroorganismen geimpft. Das Tauchkörperverfahren umfaßt die Wirkungsweisen des Belebungsverfahrens und des Tropfkörperverfahrens.

Für Grundwässer mit anorganischen Düngemittelbelastungen (Nitrat, Ammonium, Phosphat, Calcium etc.) können auch Aufbereitungsmechanismen wie Flockung mit Flockungshilfsmittel sowie Flotation mit oberflächenaktiven Substanzen und Flotationsmitteln genutzt werden. Einer Verwendung von Kiesfiltern ist aufgrund des hohen Löslichkeitsproduktes der agrochemischen Produkte abzuraten.

Die biologischen Grundwasserreinigungsverfahren stammen aus der Abwasseraufbereitung, es liegen somit praxisorientierte Erfahrungen vor. Sie sind für PSM- Schadstoffe nur bedingt geeignet.

Wirkungsgrad und Kosten

- Die biologischen Reinigungsverfahren erfordern in der Regel eine höhere Wirkdauer. Für den Einsatz biologischer Verfahren zur Dekontamination werden Deklarationsanalysen für die Optimierung der Reinigungsprozesse empfohlen.
- Biologische Reinigungsverfahren rufen eine hohe Akzeptanz in der Öffentlichkeit hervor.
- Im allgemeinen besitzt die biologische GW-Dekontamination einen Wirkungsgrad, der von vielen Einflüssen wie Standortbedingungen und Milieu, Nahrungsangebot etc. bestimmt wird.

2.4.5 Sanierungsüberwachung und -kontrolle

Während der Sanierung ist eine Überwachung im Sinne der meßtechnischen Begleitung (Prozeßtechnik und Arbeitsschutz) notwendig.

Nach der Sanierung muß eine Kontrolle der Einhaltung der Sanierungsziele erfolgen. Im Ergebnis dieser Kontrolle kann auch eine längerfristige Überwachung notwendig werden z.B. bei Sicherungsmaßnahmen.

2.4.6 Anbieter von Leistungen zur Altlastenbehandlung

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

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

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

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

3 Literaturhinweise

AGRODIENST LEIPZIG GMBH (1991): Betriebsgutachten - Umweltschutz des Agro- Service Kleinzschepa, Agrodienst Leipzig GmbH, Liebertwolkwitz, September 1991.

BBODSCHV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BGBl. IS. 1554

DIN 4022 (1987): Baugrund und Wasserbohrungen, DIN- Taschenbuch 91 , Bohrarbeiten, Brunnenbauarbeiten, Wasserhaltungsarbeiten, Beuth Verlag GmbH Berlin, Köln.

DIN 4023 (1984): Baugrund und Grundwasser, Teil 1 bis 3, DIN- Taschenbuch 91 , Bohrarbeiten, Brunnenbauarbeiten, Wasserhaltungsarbeiten, Beuth Verlag GmbH Berlin, Köln.

ENVICO (1992): Begutachtung und Gefährdungsabschätzung - ACZ Döbeln, Envico Umweltanalytik GmbH, Markkleeberg, April 1992.

FISCHER & KÖCHLING (1993): WEKA Praxis Handbuch, Altlastensanierung, WEKA-Verlag, Augsburg.

G & P (1992): Gutachten - Umweltschutz Agrochemisches Zentrum Döbeln, Günther & Partner Umweltplanung GmbH, Markkleeberg.

INDUSTRIE- UND HANDELSKAMMER: Verzeichnis der Anbieter von Leistungen zur Altlastenbehandlung im Freistaat Sachsen, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen.

MESZINGER & VÖLKE (1992): Erstbewertung, orientierende Erkundung und komplexe Gefährdungsabschätzung - Delitzscher Landhandel, Ingenieurbüro Meszinger & Völkel, Juli 1992.

PFLANZENSCHUTZMITTEL (1986): Pflanzenschutzmittelverzeichnis der DDR, Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

POKORNY, D. (1979): Grundlagen der Düngung und des Pflanzenschutzes, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1995): Altlastenerkundung mit biologischen Methoden, Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 7/95, Dresden

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

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998): Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Band 3/98, Dresden.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1999): Vor-Ort-Analytik, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Dresden

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000, in Vorbereitung, a): Empfehlung zur Handhabung von Orientierungs-, Prüf- und Maßnahmenwerten, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Dresden

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000, in Vorbereitung b): Detailuntersuchung, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Dresden

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

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

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

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

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG (1998): Historische Erkundung von altlastenverdächtigen Flächen, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Band 4/98, Dresden.

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

UMWELTBUNDESAMT (1999): Jahresbericht 1998, Berlin

UMWELTBÜRO GMBH VOGTLAND (1998): Historische Erkundung - Agrarflugplatz Mühlenthal, Umweltbüro GmbH Vogtland.

WASSER & BODEN (1999): Peters, B., Borcherts, U., Overath, H., Simulationsmodelle zur standortspezifischen Abschätzung der Grundwassergefährdung durch Pflanzenschutzmittel, Wasser & Boden, 51/1+2, S. 19-23, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.

WEKA ABFALLARTENKATALOG (1997): WEKA Praxis Handbuch, Abfallartenkatalog 1997 nach EAK und LAGA, WEKA-Verlag, Augsburg.