

Sächsisches Landesamt
für Umwelt, Landwirtschaft
und Geologie

Branchenbezogene Merkblätter
zur Altlastenbehandlung

Stand: 11/2010
Bearbeiter: Dr. Herrmann,
(Baugrund Dresden IgmbH)
Antje Sohr (LfULG)
Seiten: 21

Referat Boden, Altlasten

20. Gärtnereien

Das folgende Branchenblatt beschreibt das Vorgehen beim Umgang mit alten Gärtnereien im Sinne der Altlastenbearbeitung.

1 Branchentypisches Schadstoffpotenzial

1.1 Gesetzliche Grundlagen der ehemaligen DDR

Folgende Richtlinien und Normen, die im Zusammenhang mit der Altlastenproblematik relevant sind, existierten für den Bereich Gärtnereien in der DDR.

- Gesetz zum Schutz der Kultur- und Nutzpflanzen vom 25.11.1953; GBl. der DDR; Teil II; 1953
- Neunte Durchführungsbestimmung zum o.g. Gesetz 25.11.1955; GBl. I Nr.101, S. 843
- Vierte Durchführungsbestimmung zum o.g. Gesetz, Verkehr mit giftigen Agrochemikalien, 18.09.1979
- Verordnung über die Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen, 6.06.1957; GBl. I, Nr. 42, S. 329
- Vierte Durchführungsbestimmung zu o.g. Verordnung Gesetz, 02/1975; GBl. I Nr. 14, S.283
- 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 Pflanzenschutzwesens 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
- Verfügung über die Durchsetzung von Ordnung und Sicherheit beim Umgang mit gebeiztem Saatgut, 22.03.1983
- TGL 30173 Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz. Pflanzenschutzmittel und Mittel zur Steuerung biologischer Prozesse. Allgemeine Festlegungen, Ausgabe 1988-02-00

1.2 Einteilung

Die Gärtnereistandorte können eingeteilt werden nach

- der Art des Anbaus (Zierpflanzen-, Obst- sowie Gemüseanbau),
- nach der überwiegenden Produktionsart (Anbau in Gewächshäusern, Freilandanbau)
- oder nach der Betriebsgröße bzw. -art (Betriebsteil ohne eigene Lagerräume für PSM und Düngemittel, eigenständiger Betrieb mit Vorrats- und Lagereinrichtungen für PSM und Düngemittel).

In Gärtnereien erfolgt die Anwendung von Dünge-, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln hauptsächlich in Gewächshäusern, untergeordnet auf Freiflächen. In Obstbaubetrieben wurden diese Stoffe auf den Plantageflächen eingesetzt. Die Lagerung erfolgte in festen Gebäuden mit massiven Fußböden in verschiedenen Räumen. In größeren Gärtnereien oder Obstbaubetrieben mit mehreren Standorten wurde meist ein zentrales PSM-Lager betrieben. In den anderen Betriebsteilen gab es oft nur ein Handlager mit geringen, zum unmittelbaren Verbrauch vorhandenen Mengen. Insbesondere in Obstbaubetrieben und größeren Betrieben mit Freiflächen für den Gemüse- und Zierpflanzenanbau ist mit speziellen Einrichtungen zur Herstellung von Anwendungsformulierungen von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln, wie Mischbehältern, Füllleinrichtungen, Reinigungs- und Abstellflächen für Geräte, Anlagen für die Spritzbrüherestentsorgung, zu rechnen.

Bei allen untersuchten Objekten waren Heizanlagen (Kohle, Öl), die entsprechenden Einrichtungen zur Brennstoffbevorratung, Asche- und Schlackeablagerungen bei Kohleheizanlagen sowie Werkstätten, Garagen, Lagerräume für weitere Betriebsmittel vorhanden. Die Heizanlagen und Rohrleitungen

für die Wärmezuführungen für die Gewächshäuser wurden in der Regel mit Dämmmaterialien gegen Wärmeverluste geschützt. Je nach Alter, Ausführung und Zustand der Wärmedämmung können für die Umgebung des Standortes Gefährdungen durch die Exposition mit natürlichen (Asbest) und künstlichen Mineralfasern (KMF) bestehen. Mineralfaser-Dämmstoffe können dünne Fasern abgeben, die in der Lunge Krebs erzeugen können bzw. als krebsverdächtig anzusehen sind. Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass beim Bau der Anlagen vor 1996 Mineralfasern mit hohem Gefährdungspotential verwendet wurden.

Diese allgemein für Produktionsanlagen üblichen, jedoch für Gärtnereien nicht spezifischen Einrichtungen wurden für die Erstellung des Merkblattes nicht gesondert berücksichtigt. Es wird für diese Einrichtungen auf die einschlägigen Handlungsempfehlungen und Merkblätter verwiesen.

1.3 Gärtnereispezifische Schadstoffe

1.3.1 Charakterisierung der vorkommenden Stoffgruppen

Düngemittel

Die Zulassung, Handhabung, Einteilung und Kennzeichnung von Düngemitteln in Deutschland ist in der Düngemittelverordnung (DüMV) geregelt. In der DüMV werden die Düngemittel nach der Funktion für die Pflanzen unterschieden:

- Mineralische Primärnährstoffdünger enthalten Hauptnährstoffe, die in äußerst hohen Mengen für das Pflanzenwachstum bereitgestellt werden, d. h. Stickstoff, Phosphor und Kalium.
- Mineralische Sekundärnährstoffdünger sind Kalzium, Magnesium, Natrium und Schwefel.
- Mineralische Spurennährstoffdünger enthalten Elemente, die nur in geringsten Mengen nötig sind, wie Bor, Kobalt, Kupfer, Eisen, Molybdän, Mangan und Zink.
- Ammoniumnitratdünger sind spezielle Dünger mit hohem Stickstoffgehalt. Aufgrund der explosiven Eigenschaften von reinem Ammoniumnitrat gibt es spezielle Festlegungen für Zusammensetzung und Umgang.

Außerdem erfolgt eine Unterscheidung in:

Mineralische Einnährstoffdünger	Stickstoffdünger (N) Phosphatdünger (P) Kalidünger (K) Kalk- und Magnesiumdünger Calcium-, Magnesium- und Schwefeldünger
Mineralische Mehrnährstoffdünger	NPK-Dünger NP-Dünger NK-Dünger PK-Dünger
Organische und organisch - mineralische Düngemittel	Ohne Verwendung von Sekundärrohstoffen (Torf, pflanzliches Bodenmaterial, Kohlen, etc.) unter Verwendung von Sekundärrohstoffen (Klärschlammsubstrate, Kompost, Gülle)
Düngemittel mit Spurennährstoffen	Bor, Kobalt, Kupfer und Eisen, Molybdän, Mangan, Zink

Nachfolgend sind beispielhaft einige der genannten Gruppen mit den chemischen Hauptbestandteilen entsprechend der Einteilung in der Düngemittelverordnung (DüMV) aufgeführt.

Tabelle 1: Primärnährstoffdünger

Art	Hauptbestandteile	Bemerkungen
Stickstoffdünger		
Ammoniumsulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$	mineralischer Einstoffdünger
Ammoniumnitrat	Kalkammonsalpeter, NH_4NO_3 , $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgNO_3 , $\text{MgCO}_3]$	körniges, prilliertes Granulat, mineralischer Einstoffdünger
Ammoniumsulfatsalpeter	NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{CaCO}_3$, MgSO_4 , MgCO_3 , NaCl)	
Harnstoff und Harnstoff-derivate	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, Formaldehyd-harnstoff, Isobutylidenharnstoff	körnige Prillis
Oxamid	Oxamid, $(\text{CaSO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3)	
Ammoniak-Lösungen	NH_3 H_2O	mineralischer Einstoffdünger
Phosphatdünger		
Superphosphat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaSO_4	P- Komponente 90 % wasserlöslich, mineralischer Einstoffdünger
Magnesiumphosphat	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_4$, CaSO_4	Langzeitdünger, P- Komponente zitronensäurelöslich
Thomasphosphat	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$, CaO	Langzeitdünger, P- Komponente zitronensäurelöslich
Rünaphos	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}, \text{F})_2$	Langzeitdünger, P- Komponente 70 % Ameisensäurelöslich
Alkalisinterphosphat	CaNaPO_4 , CaSiO_4	Langzeitdünger, P-Komponente 80 % Ammonzitratlöslich
Kaliumdünger		
Kalidüngesalz	KCl , NaCl	
Kamex, Kainit	KCl , NaCl , MgSO_4	
schwefelsaures Kali	K_2SO_4	
Kaliumsulfatlösung	K_2SO_4 gelöst in H_2SO_4	
Kaliumdüngerlösung	wässrige Lösung von KOH , Kaliumfomat	
Kalkdünger		
Kalkmergel	CaCO_3 , MgCO_3	
Kalkstein	CaCO_3	
Branntkalk 53,6 % Ca	CaO	
Löschkalk 46,5 % Ca	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	
Hüttenkalk	CaO , Ca- Mg-Silikate	langsam löslich
Magnesiumdünger		
Magnesiummergel	MgCO_3	
Kieseritkonzentrat	MgSO_4	
Kamex, Kainit	MgSO_4 , KCl , NaCl	

Tabelle 2: Mineralische Mehrstoffdünger

Art	Hauptbestandteile	Bemerkungen
NP-Dünger	Stickstoff- und Phosphordünger aus Tabelle 1	Fest: 3% N, 5% P ₂ O ₅ Flüssig: 1% N, 1% P ₂ O ₅
NK-Dünger	Stickstoff- und Kaliumdünger aus Tabelle 1	Fest: 3% N, 5% K ₂ O Flüssig: 1% N, 1% K ₂ O
PK-Dünger	Kalium- und Phosphordünger aus Tabelle 1	Fest: 5% K ₂ O, 5% P ₂ O ₅ Flüssig: 1% K ₂ O, 1% P ₂ O ₅

Tabelle 3: Mineralische Sekundärnährstoffdünger

Art	Hauptbestandteile	Bemerkungen
Calciumchlorid	CaCl ₂	
Calciumformiat	Ca(HCOO) ₂	auch als Lösung
Magnesiumoxid	MgO	
Magnesiumkarbonat	MgCO ₃	
Magnesiumsilikat	MgO ₃ Si	
Elementarer Schwefel	S	
Schwefel-Calciumdünger	Sulfate, Sulfit und Oxide, Hydroxide, Carbonate von Calcium	
Schwefel-Magnesiumdünger	Sulfate, Sulfit, Oxide, Hydroxide, Carbonate von Magnesium oder Calcium	

Pflanzenschutzmittel (PSM)

Pflanzenschutzmittel sind physiologisch wirksame Chemikalien, mit denen spezifisch bestimmte Schad- und Konkurrenzorganismen Nutzpflanzen in ihrer Aktivität eingeschränkt werden können. Laut Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) vom 14. Mai 1998 sind PSM Stoffe, die dazu bestimmt sind,

- Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse, wie z. B. Früchte und Samen vor Schadorganismen (Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen) zu schützen,
- die Lebensvorgänge von Pflanzen zu beeinflussen, ohne ihrer Ernährung zu dienen,
- das Keimen von Pflanzenerzeugnissen zu hemmen (z. B. Wachstumsregler),
- Flächen von unerwünschten Pflanzenbewuchs freizumachen oder freizuhalten.

Pflanzenschutz- und Pflanzenbehandlungsmittel werden im allgemeinen in folgende Gruppen unterschieden [HAIDER, K. SCHÄFFER, A.; 2000]:

<u>Mittel</u>	<u>gegen</u>
Herbizide	Beikräuter, „Unkräuter“
Fungizide	Pilze
Insektizide, Akarizide	Insekten, Spinnmilben
Bakterizide, Virizide	Bakterien, Viren
Nematizide und Molluskizide	Nematoden, Schnecken
Rodentizide	Nagetiere
Sonstige: Beizmittel, Wachstumsregler, Pheromone	

Nachfolgend sind die wesentlichen Wirkungsmechanismen für die wichtigsten PSM – Gruppen mit Beispielen für Stoffklassen und Wirkstoffe zusammengestellt.

Tabelle 4: Herbizide [HAIDER, K., SCHÄFFER, A.; 2000]

Wirkungsmechanismus	Stoffklassen	Relevante Wirkstoffe/ Produkte
Direkte Hemmung der Photosynthese	Harnstoffderivate Symmetrische Triazine Biscarbamate, Carbamate Anilide, Benzonitrile	Monuron, Diuron, Methabenzthiazuron Simazin, Atrazin, Terbutylazin Phenmedipham, Desmedipham, Chlorpropham, Propanil, Bromoxynil, Ioxynil
Hemmung der Carotinoïdsynthese	Kationische Herbizide Nitrodiphenylether Aminotriazole	Paraquat, Diquat Nitrofen, Acifluorfen, Aclonifen Amitrol
Hormonale Wirkung	Aryloxyalkansäuren (Wuchsstoffherbizide) Benzoessäurederivat, Benzonitrile	2,4-D, MCPA, MCPB, Mecoprop, Dichlorprop, Fenoprop Dicamba, Quinmerac
Beeinflussung der Aminosäuresynthese	Sulfonylharnstoffe Aminosäurederivate Imidazolinone	Chlorsulfuron, Methionsulfoximin Glyphosat (Totalherbizid) Imazquin (Sceptor), Imazapyr (Arsenal), Imacethapyr (Pursuit)
Beeinflussung der Zellteilung	Dinitroanilinderivat N-Phenylcarbamate	Trifluralin, Balan, Pendimethalin Propham, Chlorpropham

Tabelle 5: Insektizide [HAIDER, K., SCHÄFFER, A.; 2000]

Wirkungsmechanismus	Stoffklassen	Relevante Wirkstoffe/ Produkte
Nervengifte	Organochlorverbindungen: DDT und Derivate Hexachlorcyclohexane Chlorierte Cyclodiene	Endosulfan p,p-DDT Lindan, α -Cyclohexan Aldrin, Dieldrin
	Pyrethroide	Pyrethrum, Cypermethrin, Permethrin, Deltamethrin
	Organophosphate	Parathion, Malathion, Dichlorphos Dimethoat, Chlorpyrifos
	Carbamate	Carbaryl, Carbofuran, Pirimicarb
	Neonicotinoide	Nicotin, Imidacloprid
Blockierung der Chitinsynthese	Benoylphenylharnstoffe	Diflubenzuron

Tabelle 6: Fungizide [HAIDER, K., SCHÄFFER, A.; 2000]

Wirkungsmechanismus	Stoffklassen	Relevante Wirkstoffe/ Produkte
Nichtsystemische Wirkung auf der Pflanzenoberfläche		
	Metallsalze	Kupfersulfat, Kupferoxichlorid, Kupferhydroxid
	kolloidaler Schwefel	Netzschwefel
	Organo - Metallverbindungen	Ethyl-Hg-Acetat, Phenyl-Hg-Acetat, Kupferoctanoat
	Metallkomplexe von Dithiocarbamaten	Zink: Ziram, Zeneb, Mangan: Maneb
	Dinitrophenole	Dinocap
Systemische Wirkung innerhalb des Stoffwechsels der Pilze in der Pflanze		
Beeinflussung der Zellteilung	Benzimidazole	Benomyl, Carbendazim, Thiophanat
Beeinflussung der Zellatmung	Carboxamide	Carboxin
Beeinflussung der Sterolsynthese	Morpholine	Tridemorph, Dodemorph
Beeinflussung der Stereoidsynthese	Triazole, Pyrimidine, Piperidine, Imidazole	Triadimefon, Fenarimol, Triforin, Imazalil
Hemmung von Wachstum und Sporenbildung	Phenylamide	Metalaxyl
	Strobilurin und synthetische Derivate	Strobilurin, Trifloystrobin, Azoxystrobin, Famoxadon

1.3.2 Geeignete Analysenparameter zur Identifizierung der potentiellen Schadstoffe und Stoffgruppen

Zur Feststellung des Vorkommens der in Abschnitt 1.3.1 aufgeführten Stoffe und Stoffgruppen in Boden, Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser werden die entsprechend den Düngemitteln (Tabelle 7) und PSM (Tabelle 8) aufgeführten Analysenparameter empfohlen. Diese Zusammenstellungen beruhen im Wesentlichen auf den bereits im Branchenblatt 7_Agrochemische Zentren aufgelisteten Analysenparametern.

Tabelle 7: Analysenparameter Düngemittel [SMUL 1999B]

Stoffgruppe	Wirkstoffe/ Schadstoffe	Analysenparameter
Stickstoffdünger	NH ₄ NO ₃ , CaCO ₃	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit LF
Phosphatdünger	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , CaSO ₄	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , pH-Wert, LF
Kaliumdünger	KCl, NaCl, MgSO ₄	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, LF
Kalkdünger	CaCO ₃ , MgCO ₃	pH-Wert, LF, Kalkgehalt
Magnesiumdünger	MgSO ₄	SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, LF
Mineralische Sekundärnährstoffdünger		SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, LF
Spurennährstoffdünger	Bor, Schwermetalle	B, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn
Organische Dünger (Dunggranulate, Gülle, Kompost, Klärschlamm)	Organischer Anteil, Schwermetalle	CSB, BSB ₅ , DOC, TOC, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Zn, NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , pH-Wert

Gibt es einen begründeten Verdacht für Kontaminationen von bestimmten Bereichen durch PSM, jedoch keine konkreten Anhaltspunkte zu den verwendeten Präparaten, ist zuerst nach persistenten organischen Schadstoffen, wie Organohalogenpestiziden und Triazinen zu suchen bzw. durch Screeningverfahren für Pestizide ein möglichst breites Spektrum von Verbindungen abzudecken. Es werden ca. 370 Pflanzenschutzmittel mittels Screening GC/MS erfasst.

Sind für den betroffenen Standort nur die Handelsnamen eingesetzter Pflanzenschutzmittel bekannt, lassen sich die Stoffgruppen und damit die Analysenparameter in der Regel über die Pflanzenschutzmittelverzeichnisse der DDR bzw. für aktuell zugelassenen Mittel über die Wirkstoff- und Präparateverzeichnisse der Bundesanstalt für Verbraucherschutz (<http://www.bvl.bund.de>) ermitteln.

Einen wesentlichen Anhaltspunkt für die zu analysierenden Parameter für Pflanzenschutzmittel liefert die Tabelle 4 des Branchenblatts 7_Agrochemische Zentren mit der Zuordnung ausgewählter Handelsnamen, Wirkstoffen, Wirkstoffgruppen zu Analysenparametern (SMUL 1999B). Diese Tabelle wurde als Tabelle 8 übernommen.

Tabelle 8: Analysenparameter Pflanzenschutzmittel [SMUL 1999B, TABELLE 4]

Stoffgruppe	Beispiele für Handelsprodukte	Wirkstoffe/ Schadstoffe	Analysenparameter
Insektizide			
Phosphororganische Verbindungen	Fekama-Dichlorvos 50, Delicia-Milon, Ultracid 40EC, Bi 58, Nexion EC 40, Wofatox, Imidan 50 WP, Zolone 35 EC	Dichlorvos, Malathion, Pyrethrum, Methidathion, Fenchlorvos, Dimethoat, Chlorfenvinphos, Bromophos, Parathionmethyl, Phosmet, Phosalon, Lösungsmittel (Xylol)	Phosphororganopestizide, 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, KerbMix B, Karmex, Melipax EC 60	Lindan, Pyrethrum, Dicofol, Endosulfan, DDT, Methoxychlor, Heptachlor, Endrin, Diuron, Camphechlor, Pentachlorphenol	Chlororganopestizide + Metabolite, 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
Pyrethroide	Sumicidin, Ripcord 10, Ambush 25 EC	Fenvalerat, Cybermethrin, Permethrin	Pyrethroide
Fungizide			
Metallverbindungen	berecema-Zineb-Kupfer,	Kupferoxidchlorid, Quecksilberoxid	Cu, Sn, As, Hg, Cr (VI), Cr _{ges}
Chlorierte Verbindungen	Perchlorbenzene, Malipur	Hexachlorbenzol (HCB), Captan	Chlororganopestizide + Metabolite, Chlorbenzole, HCB, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Carbamate	Carbendazim-Spritzpulver, Triticol, Oftanol, Cercobin M, Dithane M45, berecema-Zineb 90, Santar	Carbendazim, Thiram, Thiophanatmethyl, Mancozeb, Ziram, Zineb	Aminocarbonsäuren

Fortsetzung Tabelle 8: Analysenparameter Pflanzenschutzmittel [SMUL 1999B, TABELLE 4]

Stoffgruppe	Beispiele für Handelsprodukte	Wirkstoffe/ Schadstoffe	Analysenparameter
Herbizide			
Chlorierte Verbindungen	Probanil, Ramrod, Burex, TCA-AAtrichon, Namedit	Chlorpropham, Propachlor, Chloridazon, Trichloresigsäure (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, Phenylhar-nstoffe, Dinitroanilinverb., F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Chlorphenoxy-carbon-säuren	SYS 67 Oxytril C, Basagran DP, Banvel M, Aqua-Vex, Woldusin, Malcid combi	Mecoprop, Dichlorprop, MCPA, Fenoprop, 2,4-D, 2,4,5-T	Chlorphenoxy-carbon-säuren
Carbamate	Alirox 80 EC, Elbanox	EPTC, Propham	Aminocarbonsäuren

* EOX als Leitparameter für Lindan

** AOX als Leitparameter für Pentachlorphenol

In Grund- und Sickerwasserproben wird neben der Analyse der PSM die Untersuchung von Stickstoffverbindungen (Ammonium, Nitrat, Nitrit), Phosphat, Sulfat, Chlorid, Fluorid zur Einschätzung der Düngemittlexposition empfohlen. Diese Stoffe sind keine gefährlichen Stoffe im engeren Sinn, können jedoch je nach vorhandenen Konzentrationen die Schutzgüter Wasser und Boden negativ beeinflussen.

Informationen zur Toxizität der Wirkstoffe für den Menschen und andere Säugetiere sind aus der Liste der WHO anhand der LD₅₀-Werte zu entnehmen [WHO 2006]. Eine Gesamteinschätzung der Ökotoxizität durch vergleichende Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsgefährdung von weltweit eingesetzten Pestizidwirkstoffen enthält die „Schwarze Liste der Pestizide II“ (Aktualisierung und Überarbeitung der ersten Studie vom 07.02.2008) [NEUMEISTER, L., ET. AL.; 2010].

Anhaltspunkte zu relevanten Pflanzenschutzmitteln für den Grundwasserpfad lassen sich anhand der jährlich vom Umweltbundesamt veröffentlichten Liste der bundesweit in Grundwasseranalysen am häufigsten vorkommenden PSM-Wirkstoffe ableiten. In Tabelle 9 sind alle gefundenen Wirkstoffe und Metabolite mit Nachweisen >0,1 µg/l in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit für den Zeitraum 2006 bis 2008 aufgelistet.

Tabelle 9: PSM-Untersuchungsergebnisse Grundwasser für den Zeitraum 2006-2008 [UBA 2009]

Reihenfolge	Wirkstoff/ Metabolit	Reihenfolge	Wirkstoff/ Metabolit
1	<i>Desethylatrazin</i>	11	Hexazinon *
2	Atrazin *	12	Isoproturon
3	Bentazon	13	<i>δ</i> -HCH
4	Bromacil *	14	p,p-DDT *
5	Ethidimuron *	15	Lenacil
6	Simazin *	16	Propazin *
7	<i>Diuron</i>	17	<i>β</i> -HCH
8	1,2-Dichlorpropan * ¹	18	Prometryn *
9	Mecoprop	19	Chloridazon
10	<i>Desisopropylatrazin</i>	20	Metazachlor

Kursiv: Metabolite bzw. herstellungsbedingte Nebenstoffe

* Wirkstoff ist nicht mehr zugelassen

*¹ wird von einigen Ländern als PSM-Einzelsubstanz geführt

Nur 7 von den 20 im Berichtszeitraum 2006 bis 2008 gefundenen Wirkstoffe und Metaboliten (Nr. 3, 9, 12, 15, 18, 19 und 20) waren zu diesem Zeitpunkt noch zugelassen.

Tabelle 10 enthält Zulassungszeiträume für bestimmte Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe als Hilfestellung für Bewertungen. Diese Zusammenstellung des LFULG [VIEHWEGER, unveröffentlicht] erfolgte auf Grundlage des [Pflanzenschutzmittelverzeichnisses der DDR, jährlich] und der Veröffentlichungen [BVL 2009].

Tabelle 10: Gegenüberstellung von Zulassungszeiträumen ausgewählter PSM – Wirkstoffe in der ehemaligen DDR sowie BRD

Wirkstoff	DDR		BRD	
2,4-D	1961	1990	1966	2015
Aldimorph	1980	1990	1978	1994
Atrazin	1961	1990	1966	1990
Benomyl	1974	1990	1971	2003
Bentazon	1974	1990	1972	2015
Buminafos	1980	1990	1974	1992
Captan	1966	1990	1966	2011
Carbaryl	1966	1990	1966	1983
Carbendazim	1976	1990	1973	2011
Chlorpropham	1966	1990	1966	2018
Dalapon	1961	1990	1966	1994
DDT	1966	1988	1966	1977
Deltamethrin	1978	1990	1978	2013
Dicamba	1970	1990	1967	2018
Dichlorprop	1966	1990	1967	1992
Dieldrin	1966	1967	1966	1969
Dimilin	1982	1990	1976	2014
Diuron	1966	1990	1966	2007
Glyphosat	1982	1990	1975	2015
Isoproturon	1980	1990	1975	2015
Kresoxim-methyl	1966	1990	1966	1992
Lindan	1966	1990	1966	1997
MCPA	1961	1990	1966	2016
Mecoprop	1966	1994	1966	1992
Metalaxyl	1980	1990	1979	2005
Metobromuron	1968	1990	1966	2004
Metolachlor	1980	1990	1976	2003
Metribuzin	1978	1990	1972	2016
Monuron	1966	1967	1966	1987
Nitrofen	1976	1990	1971	1980
Paraquat	1966	1992	1966	2001
Parathion	1966	1967	1966	2002
Penconazol	1987	1990	1986	2001
Prochloraz	1989	1990	1983	2012
Prometryn	1966	1994	1966	1976
Propiconazol	1984	1990	1981	2014
Pyrethrum	1980	1990	1971	2017
Simazin	1966	1994	1971	1998
Terbutylazin	1978	1990	1971	2010
Terbutryn	1978	1990	1971	2002
Triadimefon	1980	1990	1976	2003
Triadimefol	1987	1990	1979	2019
Triasulfuron	1990	1994	1992	2011
Tridemorph	1974	1990	1971	2002

Informationen über aktuell zugelassene Pflanzenschutz- und -behandlungsmittel über:

Bundesamt für Verbraucherschutz- und Lebensmittelsicherheit Braunschweig
 Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
<http://www.bvl.bund.de>

1.4 Zusammenfassung der altlastenrelevanten Stoffe/ Stoffgruppen nach der Zuordnung zu Verdachtsort und Analysenparameter

In Tabelle 11 sind den möglichen Verdachtsorten/-flächen in Gärtnereien die dort zu erwartenden Schadstoffgruppen und die möglicherweise gefährdeten Schutzgüter zugeordnet. In der Spalte „Analysenparameter“ wurden die für diese Verdachtsorte sinnvollen Analyseparameter zusammengestellt. Für Havariefälle sind die in Tabelle 11 entsprechenden Analysenparameter zu untersuchen.

Tabelle 11: Zuordnung von Analyseparametern altlastrelevanter Stoffgruppen zu Verdachtsorten

Verdachtsort	Stoff/ Stoffgruppe	Analysenparameter ¹⁾
PSM-Lager, Mischplätze, Anlagen für Formulierungen	organische PSM (besonders chlororganische PSM, Triazine und Metabolite)	EOX, AOX als Leitparameter GC/MS-Screening, Chlorphenoxycarbonsäuren, PCP, TCP, F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
Abstellflächen für Spritztechnik	Phosphororgano-PSM	GC/MS-Screening, PO ₄ ³⁻ , ortho-Phosphat, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , BETX, AOX
	Stickstofforgano-PSM	GC/MS-Screening, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Br ⁻ , Aminocarbonsäuren, Phenylharnstoffe
	metallhaltige und metallorganische PSM	Arsen und Schwermetalle: Cu, Cr, Hg, Sn, Zn, Mn
Düngemittellager, Mischanlagen	Stickstoffdünger	pH-Wert, Leitfähigkeit, PO ₄ ³⁻ , ortho-Phosphat, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
	Stickstoffdünger	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
	Phosphatdünger	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
	Kaliumdünger	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , pH-Wert, Leitfähigkeit
	Kalk-, Magnesiumdünger	pH-Wert, Leitfähigkeit, Kalkgehalt, SO ₄ ²⁻
	Spurennährstoffdünger	B, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn
Anbaufläche – Freiland	organische PSM (besonders chlororganische PSM und Metabolite), eventuell Düngemittel	siehe PSM-Lager siehe Düngemittellager
	organische PSM (besonders chlororganische PSM, Triazine und Metabolite), eventuell Düngemittel	EOX, AOX als Leitparameter, GC/MS-Screening, F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ siehe Düngemittellager
Anlagen zur Oberflächenentwässerung, Kanalisation	organische PSM (besonders chlororganische PSM und Metabolite) eventuell Düngemittel	siehe PSM-Lager siehe Düngemittellager

Fortsetzung Tabelle 11: Zuordnung von Analyseparametern altlastenrelevanter Stoffgruppen zu Verdachtsorten und Schutzgütern

Verdachtsort	Stoff/ Stoffgruppe	Analysenparameter ¹⁾
Heizanlagen: Kohle: Kessel, Verbrennungsrückstände	Aschen, Schlacken, Ruß, Schwermetalle	As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Sulfat, Chlorid, PAK
Öl: Kessel, Tank	Dieselmotoren, Heizöl	MKW, BETX
Rohrleitungen	Steinwolle, Glaswolle, Asbestzement, -matten, -schnüre etc.	WHO-Fasertest für Asbest und künstliche Mineralfasern, Kanzerogenitätsindex (KI)
Werkstätten, Garagen	Kraftstoffe, Schmier- und Hydrauliköle, Farben, Lösungs-, Konservierungs- und Reinigungsmittel	MKW, BETX, LHKW, PCB

¹⁾ Die konkreten Parameter sind je nach relevanter Teilfläche zu modifizieren

Es können die Schutzgüter Boden, Oberflächenwasser und Grundwasser betroffen sein.

2 Hinweise zur Altlastenbehandlung

2.1 Altlastenrelevanz

Die im Sächsischen Altlastenkataster SALKA befindlichen Gärtnereiobjekte waren zum Teil über 100 Jahre in Betrieb. Für die Mehrzahl der heute nicht mehr als Gärtnerei genutzten Standorte erfolgte die Aufgabe im Zeitraum von 1990 bis 1995.

Die spezifische, hier betrachtete Altlastenrelevanz der Gärtnereistandorte beruht im Wesentlichen auf der Lagerung, dem Umgang und der Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Es ist davon auszugehen, dass eine systematische Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nach dem 2. Weltkrieg, insbesondere ab Anfang der 60ziger Jahre, einsetzte. Die Prüf- und Zulassungspflicht für Pflanzenschutzmittel war in der DDR seit 1953 mit dem Gesetz zum Schutz der Kultur- und Nutzpflanzen geregelt [BEITZ 1991]. Anfangs wurden vor allem breitbandig wirkende aber nur langsam abbaubare PSM eingesetzt. In jüngerer Zeit geht der Trend zum Einsatz gezielter wirkender Mittel in wesentlich geringeren Konzentrationen, die außerdem wesentlich schneller abbaubar sind [HAIDER, K. SCHÄFFER, A., 2000].

Eine Auswertung bisheriger Untersuchungen von alten Gärtnereistandorten erfolgte durch [BAUGRUND DRESDEN IgmbH 2010]. Beim Zierpflanzen- und Gemüseanbau stellten sich die Bereiche um die Gewächshäuser bzw. die Freiflächen selbst als nicht relevant heraus. Hier ist i.d.R. davon auszugehen, dass durch bauliche Sperren bzw. durch Abbau und Verdünnung bei mehr als 10 Jahren Stilllegung solch niedrige Konzentrationen (im Bereich der Nachweisgrenze) von PSM erreicht werden, dass sie keine Rolle mehr spielen. Diese Flächen brauchen deshalb i.d.R. nicht untersucht werden. Bei Obstanbauflächen gibt es derzeit kaum Erfahrungen für die Freiflächen, so dass hier noch eine Untersuchung empfohlen wird.

Insbesondere folgende Flächen werden (wenn vorhanden) für Untersuchungen vorgeschlagen:

- (1) Gärtnereispezifisch: PSM-Lager, ggf. weitere Lagerschuppen, -flächen (in Abhängigkeit von Art der gelagerten Stoffe), [ggf. Flächen des Ausbringens von PSM, des Reinigens von Geräten, der Spritzbrüheentsorgung],
- (2) Unspezifisch: Heizhaus, Brennstoffvorratslager wie Öltanks, ggf. Lagerschuppen, -flächen (in Abhängigkeit von Art der gelagerten Stoffe), relevante Altablagerungen, Auffüllungen bei Verdacht auf Schadstoffe
- (3) Havarieflächen

Ggf. sind in Abhängigkeit vom Einzelfall auch weitere Verdachtsflächen möglich.

Anhaltspunkte für Analyseparameter bei Pflanzenschutzmitteln in Abhängigkeit von ihren Anwendungsgebieten sind in Punkt 1.3.2 des Branchenblattes bzw. weitergehend in [BAUGRUND DRESDEN

IgmbH 2010] enthalten. Ergeben sich Hinweise auf eingesetzte PSM, die nicht über das Screening GC/MS erfasst werden können, ist diesen Hinweisen nachzugehen.

Boden

Bodenkontaminationen sind vor allem in Bereichen zu erwarten, in denen über längere Zeiten und in größeren Mengen Düngemittel und PSM gelagert bzw. zur Anwendung vorbereitet wurden (Spritzbrühenherstellung). Das war vor allem in größeren Betrieben der Fall. Verdachtsflächen sind außerdem Bereiche, für die Havarien beim Umgang mit PSM belegt sind.

Eine Anreicherung von PSM ist in Böden mit hohem organischen Anteil (Huminstoffe) und über undurchlässigen Bodenarten (Tone, Lehme) zu erwarten. Bisherige Untersuchungen zeigen aber, dass in den reinen Anbauflächen der Gärtnereien kaum Überschreitungen der Prüfwerte zu erwarten sind.

Eine Ausnahme könnten die Anbauflächen in Obstbaubetrieben aufgrund der relativ hohen üblichen jährlichen Aufwandsmengen für Fungizide und Herbizide, insbesondere für Kernobst, und bei langer Anwendungsdauer darstellen. Für diese Flächen sind noch keine altlastenrelevanten Aussagen möglich.

Grundwasser

Eine Kontamination des Grundwassers durch Pflanzenschutzmittel über die Anbauflächen ist zwar nicht generell auszuschließen, aber aufgrund der Anwendung hauptsächlich in Gewächshäusern und des Umgangs mit geringeren Flächenumgriff als in der Landwirtschaft, wenig wahrscheinlich. In Beziehung auf Havariefälle und die Spezifik des Obstanbaues gelten für den Grundwasserpfad ähnliche Überlegungen wie beim Boden. Eine potentielle Gefährdung des Grundwassers steigt mit der Zunahme der Durchlässigkeit der ungesättigten Zone sowie mit der Abnahme des Grundwasserflurabstandes. Damit kann der Grundwasserpfad insbesondere dann relevant sein, wenn relevante Stoffeinträge (siehe Boden) vorhanden sind, diese Stoffe mobil sind (Prüfwerte im Sickerwasser werden überschritten) und der Standort durch hohe Durchlässigkeiten und geringe Flurabstände gekennzeichnet ist.

Oberflächenwasser

Der Eintrag von PSM in Oberflächengewässer ist nur durch die Ausbringung/Anwendung im Freiland und durch Havarien denkbar. Das könnte zu nachweisbaren Kontaminationen in organikreichen Gewässersedimenten führen.

Im Gegensatz zu PSM erfolgt bei Düngemitteln die Lagerung u. U. auch im Freien oder teilweise offenen Schauern, so dass eine Kontamination von Oberflächenwässern z. B. auch über Entwässerungssysteme nicht von vornherein auszuschließen ist.

Luft

Nach dem Nutzungsende der Standorte als Gärtnerei/Obstanbaubetrieb sind keine Gefährdungen über den Luftpfad zu erwarten.

2.2 Gefährdete Schutzgüter und relevante Pfade

Gefährdete Schutzgüter können sein:

- Boden
- Grundwasser
- Oberflächenwasser

Die zu berücksichtigten Wirkungspfade sind neben dem Direktkontakt mit den Stoffen je nach gegenwärtiger Nutzung bzw. geplanter Nutzungsänderung:

- Boden-Mensch, Pflanze-Mensch
- Grundwasser-(Trinkwasser-)Mensch
- Oberflächenwasser-Mensch

2.3 Gefährdungsabschätzung

Aufgrund des Umgangs und der Lagerung mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln ist entsprechend [SMUL Anlage 2a, 1997] eine Bewertung von Gärtnereien und Obstbaubetrieben nach BBodSchG erforderlich.

2.3.1 Verdachtsfallerfassung und Formale Erstbewertung

Die Erfassung und Formale Erstbewertung der Altstandorte erfolgt im Sächsischen Altlastenkataster SALKA über das Erfassungsformular nach [SMUL 1997, Anlage 1b]. Die nachfolgend genannte Nummerierung bezieht sich auf die Nummern in diesem Formular.

Für Erfassung der Standorte von Gärtnereien und Obstbaubetrieben sind folgende Kriterien zu beachten:

(7) Art der Verdachtsfläche: Die Flächen von Gärtnereien (Zierpflanzen- und Gemüseanbau) und Obstbaubetrieben sind als Altstandorte einzuordnen. Die Bewertung ist verdachtsflächenbezogen vorzunehmen. Sind größere Ablagerungen von nicht betriebsspezifischen Abfällen vorhanden, sind diese zusätzlich als Altablagung zu erfassen.

(14/ 15) Fläche/ Volumen: Es sind die Bereiche die von der Exposition betroffen sein könnten, d. h. auf denen mit PSM und Düngemitteln umgegangen oder die durch diese Stoffe belastet sein könnten, abzuschätzen.

Möglicherweise belastete Flächen sind:

Gärtnereispezifisch:

- PSM-Lager
- sonstige Lagergebäude, -räume (in Abhängigkeit von Art der gelagerten Stoffe), offene Lagerflächen
- ggf. Ausbringungsflächen für PSM und Düngemittel (Gewächshäuser, Freiflächen)
- ggf. Abstell-, und Reinigungsflächen für Geräte
- ggf. betriebliche Kläranlagen, Spritzbrüheentsorgung (Kanalisation)
- ggf. Havariebereiche

unspezifisch:

- Heizhaus (Heizungsanlagen mit Kessel, Rohrleitungen, Kanäle)
- Brennstoffvorratslager wie Öltanks
- Wartungs- und Werkstattbereiche (hier nicht Untersuchungsgegenstand)
- ggf. Havariebereiche

Die unspezifischen Bereiche sind nicht Gegenstand des Branchenblattes und sind ggf. gesondert zu bewerten.

(18) Sohllage 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:

Branchennummer	Branchenbezeichnung	Gefährdungsklasse
4100	Obst- und Gemüseanbau	25
4110	Zierpflanzenanbau	25

2.3.2 Historische Erkundung und Bewertung (Beweisniveau 1)

Für die HE sind folgende Handbücher/ Materialien zur Altlastenbehandlung heranzuziehen:

- Handbuch Teil 3, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser,
- Handbuch Teil 4, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden,
- Handbuch Teil 5, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser,
- Historische Erkundung von altlastenverdächtigen Flächen,
- Bewertungshilfen zur Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung.

Zur DV-gestützten Auswertung ist das Programm GEFA in der aktuellen Version zu nutzen.

Neben der Einsicht in Bau- und Gewerbeakten der Kommune ist die multitemporale Luftbildauswertung eine gute Informationsquelle für die historische Entwicklung des Standortes: z. B. Nutzung von Teilflächen, Zeitraum Errichtung von Gewächshäusern, Heizanlagen, Lagergebäuden und über längere Zeiträume benutzte Freiflächen für betriebliche Ablagerungen. Diese können dann mit den Informationen aus Befragungen von Zeitzeugen (ehemalige Mitarbeiter, Anwohner) und aus einer ersten Ortsbegehung abgeglichen werden.

Die Ortsbegehung sollte eine Identifizierung von noch vorhandenen oder ehemaligen Lagerräumen und -flächen für Pflanzenschutz- und Düngemittel, Begutachtung der versiegelten Flächen, Vorhandensein, Lage und Zustand von Entwässerungs- bzw. betrieblichen Kläranlagen beinhalten.

Bei den Betriebsrecherchen im Rahmen der Historischen Erkundung ist die Feststellung der Art des Lagerinventars, die bauliche Ausführung und der Zustand der Lager sowie die betriebsinternen Regelungen zum Umgang mit den PSM und Düngemitteln von wesentlicher Bedeutung für die Gefährdungsabschätzung.

Erkenntnisse zu Anwendungs-/ Umschlagsmengen von Dünge- und Pflanzenschutzmittel sind verlässlich sicher nur über noch vorhandene Betriebsunterlagen gewinnbar. Eine Möglichkeit der Abschätzung der Umschlagsmengen von konkreten PSM besteht über die Ermittlung der Art und Menge der produzierten Erzeugnisse (Gemüse, Zierpflanzen, Obst) und die empfohlenen Anwendungsmengen der PSM aus den Pflanzenschutzmittelverzeichnissen, z. B. PFLANZENSCHUTZMITTELVERZEICHNIS DER DDR 1988/89.

Die Art und Weise der Ausbringung bzw. der spezifische Umgang mit den PSM lässt für Gärtnereien besonders im Umfeld der PSM-Lager eine Gefährdung der Schutzgüter Boden und Grundwasser besorgen.

Für die Stoffgefährlichkeit r_0 von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln sind entsprechend dem Branchen-Schlüsselverzeichnis zur Altstandortbewertung [SMUL 1998B], die folgenden Werte anzusetzen:

Schlüssel-Nr.	Bezeichnung	r_0
53100	Abfälle von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln	6,0
53103	Altbestände von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln	6,0
51507	Düngemittelreste	4,0-5,0

Schadstoffabhängige Faktoren sind folgendermaßen zu berücksichtigen:

Grundwasser m_1 :

- Lage zum Grundwasser: Bei Kontaminationen, die im Grundwasserbereich liegen, ist eine höhere Bewertung anzusetzen: $m_1 = 1,2$.
- Oberflächenabdeckung: PSM-Lager sind massive, verschleißbare Gebäude oder Räume; $\Delta m = -0,1$. Düngemittel wurden auch teilweise in offenen Gebäuden (Schauer, Unterstände) ohne Bodenplatten oder unter Abdeckungen (Folie, Dachpappe, etc.) im Freien gelagert. Für diese Fälle gilt $\Delta m = 0,1$. Für den Austrag von PSM und Düngemitteln sollte eine Berücksichtigung der Bauweise von Gewächshäusern (mit oder ohne Bodenplatte) und Produktionsart (Anbau in Töpfen oder Behältern/Tischen oder im direkten Kontakt mit dem Boden) erfolgen.
- Oberflächenabdichtung: Die PSM-Lager und Düngemittellager (außer Freilagern) sind überdacht und umbaut und besitzen versiegelte Bodenflächen (Beton, Asphalt, verschweißte Bodenbeläge). Damit ist in der Regel der Schutz gegen Auswaschung durch Niederschlagswasser gegeben. Sind diese Faktoren vorhanden, kann $\Delta m = -0,1$ angesetzt werden.

Es sind der bauliche Zustand und die Funktionsfähigkeit von Abdeckung/ Versiegelung

- des Daches,
 - der Regenwasserableitung,
 - der Versiegelung des Fußbodens,
 - der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage
- bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Durch Undichtigkeiten der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage können Schadstoffe über den Boden in das Schutzgut Grundwasser eingetragen werden. Bei Undichtigkeiten des Daches können die gelagerten Stoffe teilweise gelöst werden und durch auftretende Risse in der Versiegelung über den Boden in das Grundwasser gelangen.

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

- Löslichkeit:

Der Schadstoffaustrag in das Grundwasser wird stark von der Löslichkeit der Präparate und den Sorptionseigenschaften an Böden und Materialien der ungesättigten Zone bestimmt. Bei flüssigen und sehr leicht löslichen Düngemitteln (Salzen) erfolgt die höchste Bewertung im Programm GEFA.

Gut wasserlöslich und damit vorwiegend mit der Wasserphase verlagerbar sind Wirkstoffe mit Löslichkeiten $> 10 \text{ mg/l}$ und Verteilungskoeffizienten $K_{OC} < 200 \text{ l/kg}$, z. B. Dichlorprop, Isoproturon, Atrazin, Mecoprop, Aldicarb, 2,4-D, auch [HOLLIS 1991].

Beispiele für schwer wasserlösliche Wirkstoffe sind DDT, Nitrofen, Carbendazim, Aldimorph.

Grundwasser m_{II} :

- Abbaubarkeit:

PSM: Die Abbaubarkeit ist von den eingesetzten Wirkstoffen abhängig. „Modernere“ Wirkstoffe sind in der Regel leichter abbaubar als die in den 60-er bis 80-er Jahren eingesetzten Präparate, siehe auch Tabelle 9, daher $\Delta m = \pm 0$

Düngemittel: $\Delta m = -0,1$.

Grundwasser m_{III} :

- Abbaubarkeit:

Düngemittel sind besonders in der Vegetationszone des Bodens gut abbaubar; $\Delta m = -0,1$. Verschiedene Düngemittel sind als „Depot-Dünger“ konzipiert, z. B. Alkali-Sinterphosphate, die demzufolge nur geringe Abbaugeschwindigkeiten besitzen und deren anorganische Bestandteile durch Mikroorganismen abgebaut bzw. durch organische Säuren freigesetzt werden.

Bei den organischen Bestandteilen der PSM spielen die Biotoxizität und die Bioverfügbarkeit eine wesentliche Rolle. Pflanzenschutzmittel mit hoch toxischen Wirkstoffen (z. B. Camphechlor, Demephion, Lindan) mit einer hohen Affinität zur Bodenmatrix (großer Verteilungskoeffizient) werden nicht oder nur sehr langsam abgebaut. Lösliche organische Verbindungen im Wasser, z. B. Fulvinsäuren aus dem Humusanteil des Bodens, können die Verlagerung und die Bioverfügbarkeit von unpolaren PSM begünstigen; $\Delta m = \pm 0$.

Bedeutung Schutzgut Grundwasser m_{IV} :

- Nutzungskriterien:

Besteht eine Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser oder ist eine solche vorgesehen, ist die potentielle Gegenwart von PSM als besonders sensibel einzuschätzen; $m_{IV} = 1,1 - 2,0$.

- 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 Aktivkohlefiltern (Adsorption an der großen Filteroberfläche) empfohlen. Für Grundwässer mit anorganischen Düngemittelbelastungen (Nitrat, Ammonium, Phosphat, Calcium, etc.) können Aufbereitungsmechanismen, wie Flockung mit Flockungshilfsmitteln, 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 von Düngemittelprodukten abzuraten.

Boden m_I :

Fallzuordnung

Von den 3 vorgegebenen Fällen werden überwiegend die Fälle 1 (Boden ist die Altlast $m_I = 1,0$) und

2 (Boden der Umgebung der Altlast $m_I = 0,6$) zutreffen. Der Fall 3 (Boden unter der Altlast $m_I = 0,7$) kann für Teilbereiche mit oberflächlich abgelagerten Auffüllungen zutreffend sein.

Der Schadstoffaustrag der Kontaminanten ist je nach Fall zu spezifizieren.

Boden m_{II} :

Die Bewertung ist mit den Angaben zum Schadstoffeintrag Grundwasser (Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Zustand der Bausubstanz von Lagergebäuden, -räumen, Versiegelungsgrad und Zustand der Versieglungen, Existenz und Zustand der Entwässerungseinrichtungen) abzugleichen.

Boden m_{III} :

Abbaubarkeit der Düngemittelkomponenten ist möglich (vgl. Schadstoffeintrag Grundwasser). Bei den PSM- Wirkstoffen ist der Abbau stark von den konkreten Wirkstoffen abhängig. Eine Reihe von Wirkstoffklassen sind in der Regel bereits wenige Wochen nach der letzten Anwendung nicht mehr nachweisbar. Andere ökotoxische PSM (chlororganische PSM) können noch nach mehreren Jahrzehnten im Boden vorhanden sein.

Verweilzeit im Boden: Düngemittel sind im Allgemeinen aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (Löslichkeit, Aggregatzustand [granuliert, flüssig]) sehr gut mobilisierbar; $\Delta m = -0,1$.

Sorption/ Bindungsstärke: Die Einschätzung der Bioverfügbarkeit von Schwermetallen ist nach dem DVWK- Merkblatt 212 Teil I, Tafeln 4, 5, 6 durch die Abschätzung der Bindungsstärke in Abhängigkeit von Bodenbestandteilen (Ton, Humusgehalt) und der Bodenazidität vorzunehmen. Für organische Verbindungen (PSM) sind außer den Bodencharakteristika, die entsprechenden Eigenschaften der Wirkstoffe (Verteilungskoeffizienten K_d , K_{OC} , bzw. P_{OW}) zu berücksichtigen: $\Delta m = \pm 0,1$.

Wirkung: Bei PSM-Havarien bzw. unsachgemäßer Ausbringung ist mit einer sichtbaren Wirkung auf den Pflanzenwuchs, auf andere Lebewesen und einer Bodenkontamination zu rechnen. Eine Erhöhung bis 0,2 ist zu prüfen.

Boden m_{IV} :

Auf der Bearbeitungsstufe Historischen Erkundung liegen für Gärtnerstandorte selten analytische Ergebnisse zu relevanten Schadstoffen aus den recherchierten Unterlagen vor. Bei den Recherchen sind besonders die Havariezuständigen (Havariebücher), Arbeitsschutz- oder Umweltschutzbeauftragten des jeweiligen Standortes zu befragen und deren Unterlagen einzusehen, sofern diese noch auffindbar sind.

Die Bewertung erfolgt auf der Grundlage der aktuellen und geplanten Nutzung des Standortes, wenn keine Analysendaten vorliegen. Als Vergleichslage ($m_{IV} = 1,0$) gilt Wohnbebauung ohne Nahrungsmittelproduktion. Sensiblere Nutzungen sind mit Aufschlägen zu berücksichtigen, wie weitere Nutzung zum Nahrungsmittelanbau: $m_{IV} = 1,2$; Kinderspielflächen: $m_{IV} = 1,3$

2.3.3 Technische Erkundung und Bewertung (Beweisniveau 2 und 3)

Für die OU sind neben der BBodSchV die folgenden Handbücher und Materialien zur Altlastenbehandlung heranzuziehen:

- Handbuch Teil 3, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser,
- Handbuch Teil 4, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden,
- Handbuch Teil 5, Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser,
- Bewertungshilfen zur Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung.

Zur Bewertung dient das Programm GEFA 4.0.

Orientierende Untersuchung (Beweisniveau 2)

Die Orientierende Untersuchung muss anhand erster Standortuntersuchungen und Analysen den Altlastenverdacht bestätigen oder widerlegen. Beispielhafte aber typische Analysenpläne (PSM und Düngemittel) sind in den Tabellen 11 und 12 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 r_0 -Werte anhand der als relevant eingeschätzten Stoffe (aus Analysen) zu spezifizieren.

Zu untersuchen sind dabei vorrangig die Lagerbereiche von PSM und Düngemitteln, ggf. andere betriebliche Lagerbereiche und Ablagerungen sowie ggf. stichprobenartig die Anbauflächen selbst (insbesondere Obstanbau). Die Kontrolle der Dichtheit der versiegelten Flächen in Bereichen des Umgangs mit PSM, der Kanalisation bzw. der betrieblichen Kläranlage geben Aufschluss über mögliche Kontaminationen. Diese sollten dann ggf. bei der weiteren Erkundung durch eine Verengung des Erkundungsrasters und die Lokalisierung der Tiefererstreckung in der ungesättigten Zone abgegrenzt werden.

Für die Gefährdungsabschätzung sind Vergleichsbeprobungen oder Vergleichswerte zur Feststellung der lokalen Hintergrundbelastung erforderlich.

Boden: Für die Bodenuntersuchungen werden Proben bis zu einer nutzungsbezogenen Tiefe entsprechend den Vorgaben der BBodSchV, Anhang 1 Tabelle 2 entnommen und analytisch untersucht.

Tabelle 12: Beispiel eines standortspezifischen Analysenplanes für PSM [SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG TABELLE 10, 1999B]

Handelsnamen (Beispiele)	Analysenparameter
Malzid combi, Hormin, Woldusin, bercema-Aero-Super, bercema-Becosal	Chlorphenoxy-carbonsäuren
Azaplant-Kombi, Simazin 50%, Trazalex, Uvon-Kombi 33, Yrodazin	Triazine und Phenylharnstoffe, Fluor, Brom, Chlor
Helm-Endosulfan, Pflanzol, Thiodan 35	Chlororganopestizide + 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	Phosphororganopestizide, AOX, Chlorid, Sulfat, Fluor, Brom, (BTEX)
Namedit, Plantulin, Trazalex, Trizilin	Chlororganopestizide + Metaboliten, TCA, TCP, Fluor, Chlorid, Sulfat, Nitrat, Ammonium
Ambush 25 EC, Ripcord 10	Pyrethroide, Chlor
bercema-Zineb 90, Triticol	Carbamate
bercema-Zineb-Kupfer	Cu, Sn, As, Hg, Cr-(VI), Cr _{ges}

Grundwasser: Bestehen Anhaltspunkte für eine Verunreinigung des Grundwassers, ist eine Sickerwasserprognose zu erstellen und gegebenenfalls das Grundwasser zu untersuchen.

Die Aufschlusstiefen sollten dann 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 (1993), DIN 4023 (2006). Aufgrund der Mobilisierungs- und Verteilungsmechanismen der Schadstoffe ist von einer Akkumulation der Schadstoffe bei geologischem Schichtenwechsel zur kleineren vertikalen Durchlässigkeit und im GW-Anschnittbereich auszugehen.

Tabelle 12 enthält ein Beispiel eines Analysenplanes bei Umgang mit PSM und Tabelle 13 eines Analysenplanes bei Umgang mit Düngemitteln.

Tabelle 13: Beispiel eines standortspezifischen Analysenplanes für Düngemittel [SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG TABELLE 12, ERGÄNZT, 1999B]

Düngemittel	Handelsnamen (Beispiele)	Analysenparameter
Stickstoffdünger	Kalkammonsalpeter (KAS), KAS 27, Alzon 46	NH_4^+ , NO_3^- , pH-Wert, Leitfähigkeit
Phosphatdünger	Superphosphat, Doppelsuperphosphat, Tripelsuperphosphat	SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kaliumdünger	Kamex, Kainit, Patent-Kali, Kali-SOP	Cl^- , SO_4^{2-} , pH-Wert, Leitfähigkeit
Kalkdünger	Kalkmergel, Kamsdorfer Mg-Mergel	pH-Wert, Leitfähigkeit
Magnesiumdünger	Kieserit- Konzentrat	SO_4^{2-} , pH-Wert, Leitfähigkeit
Spurennährstoffdünger	Compo-Expert, Micro-T, Wuxal Microplant, Nutrimix fluid	pH-Wert, Leitfähigkeit, B, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn

Grundwasser: Der Analysenplan der Orientierenden Untersuchung ist abhängig von den eingesetzten und gelagerten Stoffen, siehe auch Abschnitt 1.3.2.

2.4 Sanierung

Nach dem bisherigen Kenntnisstand über die Kontamination von Gärtnereistandorten mit PSM und Düngemitteln sind Erfordernisse für Sanierungen von Boden und Grundwasser in großem Umfang nicht zu erwarten. Prinzipiell stehen geeignete Sanierungsverfahren mit der Eignungsbeurteilung bezüglich Schadstoffen, Bodenarten und Umweltauswirkungen, Genehmigungsaufwänden, möglichen Anbietern und teilweise Kosten in der ATRIUM – Datenbank des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zur Verfügung [LFULG 2010].

2.4.1 Grundwassersanierung

Für die Sanierung im Grundwasserbereich sind in-situ - Verfahren, insbesondere passive Varianten z. B. sogenannte Bioscreens durchführbar. Vorteile der passiven Verfahren sind die Anwendbarkeit für organische Schadstoffe geringer Löslichkeit (Halogenorganopestizide) und geringe Kosten für den Betrieb. Es bleiben jedoch die Nachteile der aufwendigen räumlichen Überwachung der Dekontaminationsprozesse. Andere in-situ – Verfahren, wie Injektionen von Substanzen zur Stimulierung des chemischen oder mikrobiologischen Abbaus der organischen Schadstoffe (Sauerstoff-generierende Reagenzien, Additiven und Nährstoffen), sind ebenfalls prinzipiell geeignet [SMUL 2007].

Bei Grundwasserkontaminationen mit organischen ökotoxischen Schadstoffen wie Camphechlor, Demephion oder Lindan ist das Abpumpen und Reinigen des gehobenen Grundwassers über Aktivkohlefilter oder die Flüssig-Flüssig-Extraktion (ex-situ - Sanierung) gängige Praxis.

Biologische Reinigungsverfahren des gehobenen Grundwassers, wie Belebungsstropfkörper und Tauchkörperverfahren, sind für Schadstoffe mit einem minderen ökotoxischen Potential (z. B. Stickstoff, Phosphor, Kalium- und Kombi-Dünger, Bi 58 EC < 20 mg/l) geeignet.

Für die Eignungsbeurteilung sind meist relativ aufwendige Vorversuche und Anpassung der Verfahrensparameter an die jeweilige Kontamination erforderlich. Erfolg, Wirkungsgrad und Dauer des Prozesses hängen von vielen Einflüssen, wie Standortbedingungen, Milieu und Nahrungsangebot ab. Der erforderliche Zeitaufwand ist bei biologischen Reinigungsverfahren meist höher als bei anderen Verfahren.

Für Grundwässer mit anorganischen Düngemittelbelastungen (Nitrat, Ammonium, Phosphat, Calcium, etc.) können auch Ausbreitungsmechanismen wie Flockung mit Flockungshilfsmitteln sowie Flocculation mit oberflächenaktiven Substanzen und Flotationsmitteln genutzt werden.

Die biologischen Grundwasserreinigungsverfahren stammen aus der Abwasseraufbereitung. Es liegen somit praxisorientierte Erfahrungen vor. Sie sind allerdings für Pflanzenschutzmittel nur bedingt anwendbar [SMUL 1999B].

2.4.2 Sanierung von Böden

Bei den für Gärtnerstandorte gegebenenfalls zu erwartenden eher kleinflächigen Bodenkontaminationen sollte ein Bodenaustausch mit einer off-site Behandlung des kontaminierten Bodens in Betracht gezogen werden. Die Bodenreinigung ist über chemisch-physikalische, zum Teil biologische Aufbereitungsverfahren in Bodenwaschanlagen oder thermische Aufbereitungsverfahren möglich.

Oberflächenabdichtung und Einkapselung ist im Rahmen der Sicherung nur für schwerlösliche organische Schadstoffe wie für Organochlorpestizide in Erwägung zu ziehen.

Für Düngemittelbelastungen und PSM mit hoher Wasserlöslichkeit sind diese Verfahren aufgrund der hohen Mobilität der Schadstoffe nicht relevant und werden in diesem Merkblatt nicht weiter ausgeführt.

Thermische Sanierungsverfahren für Böden oder Bodenwäschen können insbesondere für stark toxische, biologisch nur schwer abbaubare Pestizide erforderlich sein. Mit den thermischen Maßnahmen zur Dekontamination werden alle anorganischen und organischen brennbaren Schadstoffe eliminiert bzw. umgewandelt. Niedertemperaturverfahren sind bei vergleichbarer Reinigungsleistung gegenüber den Hochtemperaturverfahren schonender und kostengünstiger. Die Bodenfunktion der behandelten Stoffe ist ohne weitere Maßnahmen nicht mehr gegeben.

Bodenwaschverfahren können für rollige, nicht bindige Böden effektiv sein. Für Böden mit hohem Feinkornanteil, hohem Anteil an Tonmineralen und hohen organischen Bodenanteilen sind sie jedoch weniger geeignet.

Sind die Schadstoffe im Porenwasser des Bodens gelöst oder im Boden dispergiert sind die Schadstoffe gut entfernbar. Bei der Bindung der Schadstoffe an die Bodenmatrix sind diese aber nur durch hohen

Eintrag mechanischer Energie und/oder durch Zusatz von Detergenzien abtrennbar. Nachteil der Verfahren sind außerdem die Schädigung der Bodenfunktion durch die mechanische und chemische Beeinflussung sowie das Verbleiben von Bodenanteilen als Rückstand mit den Schadstoffen, die anderweitig verwertet oder entsorgt werden müssen [LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ, BADEN-WÜRTTEMBERG, 1993].

Biologische Verfahren: Pflanzenschutzmittelkontaminationen von Böden sind grundsätzlich durch biologische Dekontaminationsverfahren abbaubar. Insbesondere die chlororganischen Wirkstoffe wie DDT, Lindan, Aldrin, Endosulfan werden aufgrund ihrer starken Ökotoxizität unter bestimmten Bedingungen und nur sehr langsam abgebaut, [LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ, BADEN-WÜRTTEMBERG, (1995), Abschnitt 5.6.]

Referenzprojekte für in-situ- Sanierungen PSM- kontaminierter Böden sind gegenwärtig nicht bekannt. On-site und off-site- Aufbereitungen im Beet-, Mietenverfahren und im Bioreaktor werden aber nach [SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG 1999B] schon länger angewandt.

Im Vergleich zu anderen Verfahren erfordern biologische Sanierungen meist einen höheren Zeitaufwand und Platzbedarf.

2.4.3 Sanierungsüberwachung und –kontrolle

Die Überwachung der Sanierung erfolgt u. a. durch messtechnische Begleitung und Überwachung des Sanierungsfortschrittes. Während der Arbeiten ist die Einhaltung des Arbeitsschutzes unter den besonderen Bedingungen der Arbeiten in kontaminierten Bereichen nach §3 Baustellenverordnung und BGR 128 zu beachten.

Nach der Sanierung hat eine Kontrolle der Einhaltung der in der Sanierungsplanung festgelegten Sanierungsziele zu erfolgen. Die Kontrolle kann sich auch entsprechend den Festlegungen der Genehmigungen in Form eines Standortmonitorings über einen längeren Zeitraum erstrecken. Das wird insbesondere bei der Ausführung der Sanierung als Sicherungsmaßnahme der Fall sein.

2.4.4 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. Das Verzeichnis ist über die IHK- Niederlassungen Sachsens bzw. deren Internet-Adressen erhältlich:

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

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

3 Quellen

ABFALLVERZEICHNISVERORDNUNG (2006): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) vom 12.12.2006, BGBl I S. 3379, zuletzt geändert am 15.07.2006, BGBl I S. 1619

AHRENS, G. (1987): Giftgesetz und Giftverkehr, J. A. Barth, Leipzig

Baugrund Dresden Igbmh (2010): Untersuchung des Gefährdungspotentials von Gärtnereien, LfULG

BEITZ, H., ET. AL. (1990): Erste Ergebnisse der Analyse zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und ihren ökologisch chemischen und toxikologischen Auswirkungen in der ehemaligen DDR, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin Dahlem, Heft 274

BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBodSchV, 1999): BGBl. IS. 1554

BUND-LÄNDER ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (LABO, 2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage

BVL (2009), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Berichte zu Pflanzenschutzmitteln 2009. Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln. Zulassungshistorie und Regelungen der Pflanzenschutzanwendungsverordnung; Report 5, Heft 1, Springer Verlag, Basel 2009, 53 p.

DIN 4022 (1993): Baugrund und Grundwasser, Teil 1 bis 3, DIN - Taschenbuch 113, Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, Beuth Verlag GmbH Berlin, Köln

DIN 4023 (2006): Baugrund und Wasserbohrungen, DIN- Taschenbuch, Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, Beuth Verlag GmbH Berlin, Köln

HAIDER, K., SCHÄFFER, A. (2000): Umwandlung und Abbau von Pflanzenschutzmitteln in Böden – Auswirkungen auf die Umwelt, Enke im Georg Thieme Verlag

HOLLIS, J.M. (1991): Mapping the vulnerability of aquifers and surface waters to pesticide contamination at the national/regional scale: In Walker, A (Ed), Monograph No. 47. Pesticides in soils and water: current perspectives. Proceedings of a symposium organised by the British Crop Protection Council. University of Warwick Coventry, UK

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

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ, BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Handbuch Mikrobiologische Bodenreinigung, Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Band 7

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ, BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Handbuch Bodenwäsche, Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Band 11

NEUMEISTER, L., REUTER, W. (2010): Schwarze Liste der Pestizide II, Spritzmittel, die prioritär ersetzt werden müssen- eine Handlungsanleitung für Industrie, Landwirtschaft, Lebensmittelhandel, Politik und Behörden in Deutschland. Eine vergleichende Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsgefährdung von weltweit eingesetzten Pestizidwirkstoffen. Aktualisierung und Überarbeitung der ersten Studie vom 07.02.2008; Greenpeace e.V. Hamburg

PFLANZENSCHUTZMITTELVERZEICHNIS DER DDR (JÄHRLICH), Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Pflanzenschutzforschung der DDR, Kleinmachnow Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin

PFLANZENSCHUTZMITTELVERZEICHNIS DER DDR (1978/79), Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Pflanzenschutzforschung der DDR, Kleinmachnow Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin

PFLANZENSCHUTZMITTELVERZEICHNIS DER DDR (1988/89): Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Institut für Pflanzenschutzforschung der DDR, Kleinmachnow Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin

PFLANZENSCHUTZMITTELVERZEICHNIS (2009), Teil 2: Gemüsebau – Obstbau - Zierpflanzenbau Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 57. Auflage

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

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

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1999): Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung , Nr. 7: Agrochemische Zentren, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1995): Altlastenerkundung mit biologischen Methoden, Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 7/95, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1995 a): Empfehlungen zur Handhabung von Prüf- und Maßnahmenwerten für die Gefährdungsabschätzung in Sachsen, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Band 2, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1995 b): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Grundwasser, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 3, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1995 c): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 4, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1995 d): Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Oberflächenwasser, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 5, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1996): Immobilisierung von Schadstoffen in Altlasten, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Bd. 1/1996, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Radebeul

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1997): Verdachtsfallerfassung und formale Erstbewertung, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 2, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1998b): Historische Erkundung von altlastenverdächtigen Flächen, Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen, Band 4/98, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (1999a): Sanierungsuntersuchung, Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 8, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden