

# **Leitfaden**

**zur Gefährdungsabschätzung und Sanierung  
von ehemaligen Rieselfeldern**

**unter Berücksichtigung der Anforderungen  
von BBodSchG/BBodSchV**

**Juli 2002**

**Landesumweltamt Brandenburg**

**Inhaltsverzeichnis**

1	Einführung _____	3
2	Rechtliche Grundlagen _____	5
3	Charakteristik der Altlastenfallgruppe „Rieselfelder“ _____	7
3.1	Technologische Abläufe auf Rieselfeldern _____	8
3.2	Wirkungen des Rieselfeldbetriebs auf das Schutzgut Boden _____	10
3.2.1	Wirkungspfad Boden - Mensch _____	13
3.2.2	Wirkungspfad Boden - Pflanze - (Tier) _____	13
3.2.3	Wirkungspfad Boden - Grundwasser _____	14
4	Altlastenerfassung, -untersuchung und -sanierung _____	15
4.1	Erfassung _____	16
4.2	Orientierende Untersuchung _____	17
4.3	Detailuntersuchung _____	21
4.4	Maßnahmen zur Gefahrenabwehr _____	22
4.4.1	Sanierungsuntersuchung, -planung und -durchführung _____	23
4.4.2	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen _____	25
4.5	Überwachungsmaßnahmen _____	27
5	Maßnahmen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen _____	27
6	Handlungsmatrix _____	29
7	Verzeichnis der Abkürzungen _____	30
8	Verwendete Quellen und Unterlagen _____	31
9	Anlagen	

## 1 Einführung

Bis 1990 zählte Brandenburg zu den Regionen in der DDR, in denen die Abwasserverbringung auf Rieselfelder in größerem Maßstab erfolgte. Vor allem im unmittelbaren Umland von Berlin oder im Randbereich von Städten wie Potsdam, Cottbus, Brandenburg, Bernau, Fürstenwalde, Luckenwalde, Neuruppin u. a. wurde anfallendes kommunales und industriell - gewerbliches Abwasser langjährig auf Rieselfeldern ausgebracht.

**Abwasserverrieselung** (-beseitigung) bedeutete die Verbringung von Abwasser auf speziell angelegten Rieselflächen. Dazu wurde das zumeist vorher unbehandelte Abwasser auf unterschiedliche Weise auf gut durchlässigen Böden verrieselt. Der Boden diente bei der Verrieselung von Abwasser vor allem als Filter für die im Abwasser enthaltenen Partikel, als Matrix für die Adsorption gelöster Stoffe und als Medium für den mikrobiellen Abbau von bestimmten Wasserinhaltsstoffen. Die im Abwasser enthaltenen Pflanzennährstoffe (Stickstoff, Phosphor u.a) wurden im Rieselfeldbetrieb auch zur Düngung von landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen genutzt. Neben der Nährstoffzufuhr diente die Abwasserverrieselung auch der ausreichenden Versorgung der angebauten Pflanzen mit Wasser. Mit der Verrieselung wurden jedoch gleichzeitig die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe, vor allem Schwermetalle, in großen Mengen in die Rieselfeldböden eingetragen.

**Abwasserverregnung** (-verwertung) bedeutet im Gegensatz dazu immer eine regenartig feine Verteilung des unter Druck stehenden, meist mechanisch geklärten oder biologisch gereinigten Abwassers auf landwirtschaftlich bzw. gärtnerische genutzten Flächen. Abwasserverregnungsflächen sind nicht Gegenstand des Leitfadens.

In den in Tab. 1 aufgeführten Landkreisen und kreisfreien Städten Brandenburgs wurden Flächen zur Abwasserverrieselung und -verregnung genutzt. Der größte Teil der Rieselfelder ist inzwischen stillgelegt, so dass das Problem der auf den Standorten vorhandenen Schadstoffbelastungen, die im Zuge der oft jahrzehntelangen Abwasserbeaufschlagung entstanden sind, im Hinblick auf den Bodenschutz eine besondere Bedeutung erlangt.

Rieselfelder sind altlastverdächtige Flächen (Altstandorte) gem. § 2 Abs. 6 BBodSchG<sup>1</sup>. Die unteren Bodenschutzbehörden sind verpflichtet, Daten über diese Standorte in ihr Altlastenkataster aufzunehmen und an das Landesumweltamt weiterzuleiten. Die Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altlastverdächtigen Rieselfeldflächen hat nunmehr nach den Vorgaben der BBodSchV zu erfolgen. Verregnungsflächen erfüllen nicht die Kriterien für die Einordnung als Altstandort.

Wie die militärischen und Rüstungsaltlasten als Altlastenfallgruppen weisen auch die Rieselfelder spezifische Besonderheiten bezüglich des Eintrags von umweltgefährdenden Stoffen auf, die eine Einstufung als Altlastenfallgruppe rechtfertigen. Da in fast allen Landkreisen und kreisfreien Städten Brandenburgs Rieselfelder existierten und aufgrund des mit dem Abwasser erfolgten Schadstoffeintrags auf diesen Flächen ein Gefährdungspotential vorliegen kann, sind Hinweise zur sachgerechten Bearbeitung dieser Flächen von der Erfassung bis zur Sanierung erforderlich. Aus der bisherigen Praxis wird nämlich deutlich, dass der gegenwärtige Kenntnisstand zur Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Rieselfeldflächen nicht ausreichend ist, um einzelfall-spezifisch die erforderlichen, geeigneten und angemessenen Maßnahmen im Rahmen der Bearbeitung derartiger Flächen auswählen zu können. Hierzu ist eine Bearbeitungsstrategie erforderlich, die das vorhandene Wissen und die bisherigen praktischen Erfahrungen bei der Bearbeitung von Rieselfeldern als altlastverdächtige Flächen zusammenfassend berücksichtigt.

---

<sup>1</sup> - auch nach Brandenburgischem Abfallgesetz (BbgAbfG) vom 6. Juni 1997 waren in Ergänzung der Begriffsbestimmung für Altstandorte (§ 29 Abs. 4 2b) Rieselfelder und Fäkalienablassstellen Altstandorte, wenn das Aufbringen von Abwasser, Klärschlamm, Fäkalien oder ähnlichen Stoffen und von festen Stoffe, die aus oberirdischen Gewässern entnommen worden sind, innerhalb von Anlagen zur Behandlung von Abwasser oder zur Beseitigung von flüssigen Abfällen erfolgte

Ein besonderes Problem stellt in diesem Zusammenhang die Untersuchung und Bewertung der Mobilität der auf Rieselfeldflächen relevanten anorganischen und organischen Schadstoffe dar, die in Abhängigkeit vom Zeitpunkt und der Art der Auflagerung der Rieselfelder einer ständigen Dynamik unterliegt. Ausreichende Kenntnisse zur Bewertung der Wechselwirkungen der rieselfeldtypischen Schadstoffe als langfristig vorhandenes Gefährdungspotential mit den sich verändernden Milieubedingungen einerseits und der konkreten Gefährdung von Schutzgütern andererseits sind zwingend erforderlich.

Ein weiteres Problem stellt bei bestätigtem Altlastenverdacht die Auswahl geeigneter Gefahrenabwehrmaßnahmen in Abhängigkeit der von der zuständigen Behörde festgelegten Sanierungszielen dar. So ist gegenwärtig einzuschätzen, dass Rieselfeldflächen mit verhältnismäßigen Mitteln nicht dekontaminiert werden können, so dass vor allem Sicherungs- sowie beschränkungsmaßnahmen vorrangig zur Anwendung gelangen werden.

Für untersuchte Rieselfelder, bei denen sich der Altlastenverdacht nicht bestätigt hat, kommen ggf. Belange des vorsorgenden Bodenschutzes zum Tragen, wie z. B. bodenverbessernde Maßnahmen für landwirtschaftliche bzw. forstwirtschaftliche Nachnutzungen.

**Tab. 1:** Rieselfelder im Land Brandenburg, Stand: November 2001 (Quelle: LUA, Umweltämter, Literatur, u.a.)<sup>2</sup>

kreisfreie Stadt/Landkreis	Rieselfelder	
	Anzahl	Fläche, ca. ha
Brandenburg	2	111
Cottbus	3	160
Frankfurt / O.	0	0
Potsdam	1	15
Barnim	6	1.100
Dahme - Spreewald	9	1.196
Elbe - Elster	1	20
Havelland	3	138
Märkisch - Oderland	3	304
Oberhavel	2	> 190
Oberspreewald - Lausitz	0	0
Oder - Spree	4	63
Ostprignitz - Ruppiner	3	48
Potsdam - Mittelmark	8	> 1.500
Prignitz	3	> 850
Spree - Neiße	1	> 1
Teltow-Fläming	3	1.512
Uckermark	5	53

Der vorliegende Leitfaden soll vor allem die zuständigen unteren Bodenschutzbehörden und die mit der Untersuchung von Rieselfeldern beauftragten Ingenieurbüros bei der Erfassung, Untersuchung und Bewertung sowie Sanierung derartiger Flächen unterstützen<sup>3</sup>.

Der Leitfaden berücksichtigt damit alle relevanten Phasen der Altlastenbearbeitung gem. BBodSchG. In diesem Zusammenhang werden insbesondere die Besonderheiten der Altlastenbearbeitung von Rieselfeldern in den einzelnen Arbeitsphasen dargestellt, bezüglich des allgemeinen Procedere der Altlastenbearbeitung wird auf das Handbuch zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg (MUNR 1998) sowie auf die Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg (LUA ab 1997) verwiesen.

<sup>2</sup> - detaillierte Angaben zu den einzelnen Standorten finden sich in Anl. 4 (Übersicht zu Rieselfeldern in Brandenburg) der Arbeitsmaterialien

<sup>3</sup> - mit der Erstellung des Leitfadens wurde ein Materialienband (Literatúrauswertung und Anlagen) erarbeitet, der Bestandteil des Leitfadens ist (CD-ROM).

Im Fachinformationssystem Altlasten des Landes Brandenburg (FIS AL) sind altlastverdächtige Rieselfeldflächen im Bereich ehemaliger Rieselfelder ausgewiesen. Neben den im Berliner Umland gelegenen Rieselfeldern existierten auch in anderen Landesteilen Brandenburgs Rieselfelder.

## 2 Rechtliche Grundlagen

Nachfolgende Gesetze, Verordnungen und Erlasse sind bezüglich der Altlastenbearbeitung von ehemaligen Rieselfeldern einschlägig.

Die durch die Aufbringung von ungereinigtem, d.h. schadstoffbelastetem, Abwasser erfolgten Veränderungen in Rieselfeldböden nicht mehr betriebener Anlagen unterliegen im vollen Umfang den Bestimmungen des Gesetzes zum Schutz des Bodens vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - **BBodSchG**) vom 17. März 1998 (gültig ab 01. März 1999) i.V. mit dem noch geltenden BbgAbfG.

Danach können in Rieselfeldböden schädliche Bodenveränderungen i.S. von § 2 BBodSchG vorliegen, so dass Rieselfelder als altlastverdächtige Flächen (Altstandort) betrachtet werden müssen.

Stillgelegte Rieselfelder können gem. § 2 Abs. 5 BBodSchG Altlasten sein, wenn der Nachweis erbracht wurde, dass es sich um Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, handelt, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden (Altstandorte). Teilflächen von Rieselfeldern, die zur Ablagerung von Klärschlamm oder anderen Schlämmen dienten, können gem. § 2 Abs. 5 BBodSchG auch Altablagerungen sein.

Von besonderer Bedeutung für den Umgang mit stillgelegten Rieselfeldern sind die in § 4 BBodSchG genannten Pflichten zur Gefahrenabwehr. Dabei sind die aktuelle und planungsrechtlich zulässige Nutzung von stillgelegten Rieselfeldflächen und das sich daraus ergebende Schutzbedürfnis besonders zu beachten.

Die Ergebnisse von Boden- und Wasseranalysen auf Rieselfeldern sind unter Berücksichtigung der geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Bedingungen sowie der derzeitigen und zukünftigen Nutzung des jeweiligen Standortes insbesondere mit den Prüf- und Maßnahmenwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (**BBodSchV**) vom 12. Juli 1999 (Anh. 2) zu beurteilen und durch die zuständige Behörde zu bewerten.

Laut Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung zur Regelung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Abfall- und Bodenschutzes (Abfall- und Bodenschutz- Zuständigkeitsverordnung - **AbfBodZV**) vom 6. November 2000 sind für die Verwaltungsaufgaben betreffs stillgelegter Rieselfelder (gem. BBodSchG und §§ 31, 37 Brandenburgisches Abfallgesetz (BbgAbfG) vom 6. Juni 1997), die Landkreise und kreisfreien Städte als untere Bodenschutzbehörden des Landes Brandenburg zuständig.

Bei der Gefährdungsabschätzung und Sanierung von ehemaligen Rieselfeldern im Land Brandenburg sind die Festlegungen der BBodSchV im vollen Umfang anzuwenden und umzusetzen. Dies betrifft die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen hinsichtlich betroffener Wirkungspfade, davon ausgehender Gefährdungen von Schutzgütern, die Bewertung der Untersuchungsergebnisse und die Gefahrenabwehrmaßnahmen einschließlich Sanierung.

Die Anhaltspunkte gem. § 3 Abs. 2 der BBodSchV für das Vorliegen einer Altlast bzw. schädlichen Bodenveränderung, wie

- Eintrag von Schadstoffen über einen längeren Zeitraum und in erheblicher Menge ... durch Aufbringen erheblicher Frachten an ... Abwässern auf Böden;
- erhöhte Schadstoffgehalte in Nahrungs- oder Futterpflanzen;
- Austreten von Wasser mit erheblichen Frachten an Schadstoffen

können im Einzelfall für ehemalige Rieselfelder zutreffend sein.

Für die Altlastenbearbeitung von ehemaligen Rieselfeldern sind gem. Bodenschutzrecht relevant:

- Erfassung (Erhebung und historische Recherche) gem. § 11 BBodSchG, § 3 Abs. 1 BBodSchV u. § 31 BbgAbfG, (§ 2 Entwurf BbgBodSchG)
- Orientierende Untersuchung gem. § 9 Abs.1 BBodSchG, § 2 Abs. 3, § 3 Abs. 3, Anh. 1, Nr. 1.1, Anh. 2 BBodSchV
- Detailuntersuchung gem. § 9 Abs. 2 BBodSchG, § 2 Abs. 4, § 3 Abs. 5, Anh. 1, Nr. 1,2, Anh. 2 BBodSchV
- Sanierungsuntersuchung gem. § 13 Abs. 1 BBodSchG, § 6 Abs. 1, Anh. 3 Nr. 1 BBodSchV
- Sanierungsplanung gem. § 14 BBodSchG, § 6 Abs. 2, Anh. 3 Nr. 2 BBodSchV
- Sanierungsdurchführung gem. § 4(3) BBodSchG, § 5 BBodSchV

Zu untersuchen sind auf ehemaligen Rieselfeldern entsprechend den Vorgaben in Anh. 1 der BBodSchV die relevanten Wirkungspfade:

- Boden - Mensch
- Boden - Nutzpflanze - (Tier)
- Boden - (Sickerwasser) - Grundwasser - (Oberflächenwasser)

Die Bewertung der erhaltenen Untersuchungsergebnisse hat insbesondere auch nach den entsprechenden Prüf- und Maßnahmenwerten gem. Anh. 2 BBodSchV zu erfolgen:

- Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Mensch gem. Anh. 2, Punkt 1.4
- Maßnahmenwerte für die direkte Aufnahme von Dioxinen/Furanen gem. Anh. 2, Punkt 1.2
- Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze gem. Anh. 2, Punkt 2.2, 2.3 und 2.4
- Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser gem. Anh. 2, Punkt 3.1

Für die Altlastenbearbeitung von ehemaligen Rieselfeldern in Brandenburg gelten die im **Handbuch zur Altlastenbearbeitung** (MUNR 1998) in Kapitel 2.4 (Rechtliche Kriterien und Haftungsgrundsätze in der Altlastenpraxis) fixierten Grundsätze ebenso wie die speziellen Hinweise im Band 1 (Leitfaden Recht) der Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg (LUA ab 1997)

Rieselfelder können gem. § 24 Abs. 2 des **BbgNatSchG** als geschützte Landschaftsbestandteile in Betracht kommen. Als geschützte Landschaftsbestandteile werden Teile von Natur und Landschaft festgesetzt, deren besonderer Schutz zur Sicherung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts, zur Belebung, Gliederung oder Pflege des Orts- und Landschaftsbildes, zur Abwehr schädlicher Einwirkungen oder wegen ihrer Bedeutung für die Erholung erforderlich ist. Ehemalige Rieselfelder können teilweise oder insgesamt in Landschafts- bzw. Naturschutzgebieten liegen. Für diese Flächen von ehemaligen Rieselfeldern gelten die entsprechenden Festlegungen des BbgNatSchG i.V.m. den jeweiligen Schutzgebietsverordnungen.

Von Relevanz für ehemalige Rieselfelder, die sich in Wasserschutzgebieten befinden, sind die Festlegungen des § 15 (Wasserschutzgebiete) und § 16 (Besondere Vorschriften für Wasserschutzgebiete) des Brandenburgischen Wassergesetzes (**BbgWG**) vom 13. Juli 1994.

Speziell in Bezug auf die Umgestaltung und Nachnutzung der ehemaligen Rieselfelder im Umland von Berlin kommt der Festlegung in § 3 Abs. 2, Punkt 3 des Landesplanungsgesetzes und Vorschaltgesetzes zum Landesentwicklungsprogramm für das Land Brandenburg (Brandenburgisches Landesplanungsgesetz - **BbgLPIG**) vom 20. Juli 1995 besondere Bedeutung zu, indem der weiträumigen Verflechtung des Landes Brandenburg mit dem Land Berlin durch eine abgestimmte Landesentwicklungsplanung Rechnung zu tragen ist.

Beim Auf- oder Einbringen von Materialien auf ehemalige Rieselfelder sind die Festlegungen in §

12 BBodSchV einzuhalten (vgl. **Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV** der LABO).

Handelt es sich bei den Materialien, welche auf Rieselfelder auf- oder eingebracht werden sollen um Abfall, ist § 3 des Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - **KrW-/AbfG**) vom 27. September 1994 einschlägig. Die Verwertung muss auf einer Nutzung dieser Abfälle gem. § 4 KrW-AbfG beruhen sowie ordnungsgem. und schadlos im Sinne von § 5 Abs. 3 KrW-/AbfG erfolgen. Ist das Auf- bzw. Einbringen von vorgenannten Materialien auf einer bestimmten Fläche nicht erforderlich oder sind diese nach Art, Menge, Schadstoffgehalten und bodenphysikalischen Eigenschaften zur Verwertung nicht geeignet, liegt keine Verwertung, sondern eine nicht zulässige Beseitigung (Scheinverwertung) vor.

Für Materialien für den uneingeschränkten Einbau (Z0-Verwertung) sind dabei gem. des Erlasses des MLUR „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“ vom 11. Mai 2000 die nach Bodenart differenzierten Vorsorgewerte der BBodSchV zugrunde zu legen. Für Schadstoffe, für die in der BBodSchV keine Vorsorgewerte festgelegt sind, bleiben die bisherigen Zuordnungswerte Z0 weiterhin gültig.

Gem. §§ 66 und 67 Abs.10 der Brandenburgischen Bauordnung (**BbgBO**) vom 25. März 1998 bedürfen Aufschüttungen mit einer Grundfläche von mehr als 200 m<sup>2</sup> und/oder einer Höhe von 1,50 m, z.B. beim Aufbringen von Bodenmaterial auf Rieselfeldböden, einer Baugenehmigung. Die in der gemeinsamen Information des MLUR und MSWV des Landes Brandenburg vom 28. März 2001 an die unteren Bodenschutzbehörden diesbezüglich getroffenen Festlegungen zur großflächigen Aufbringung von Materialien auf Rieselfelder sind einzuhalten und umzusetzen (s. auch: DINKELBERG & RITSCHHEL 2001). Danach besitzt u.a. die Aufbringung von Bodenmaterial in einer Schichtdicke von maximal 20 cm gegenüber mächtigeren Auffüllungen deutliche Vorteile.

Laut § 10 Abs. 2 des Brandenburgischen Naturschutzgesetzes - Gesetz über den Naturschutz und die Landespflege im Land Brandenburg (BbgNatSchG) vom 25. Juni 1992 sind Aufschüttungen, Auf- oder Abspülungen sowie Ausfüllungen von Bodenvertiefungen von mehr als 100 m<sup>2</sup> oder von über 2 m auf einer Grundfläche größer 30 m<sup>2</sup> Eingriffe in Natur und Landschaft und damit ausgleichs- und ersatzpflichtig.

Im Falle einer Aufforstung von stillgelegten Rieselfeldflächen sind die „**Anforderungen aus der Sicht des Bodenschutzes - Aufforstung von Rieselfeldern**“ des MLUR vom 26. Oktober 2000 grundsätzlich zu beachten. Danach ist i.d.R. auch von sensiblen Nachnutzungen auf ehemaligen Rieselfeldern (z.B. landwirtschaftliche oder kleingärtnerische Nahrungsmittelproduktion) auf Grund des vorhandenen Schadstoffpotentials abzusehen.

### **3 Charakteristik der Altlastenfallgruppe „Rieselfelder“**

Die Anlage von Rieselfeldern erlangte in Deutschland Ende des letzten Jahrhunderts besondere Bedeutung, nachdem in Städten und Ballungsräumen Kanalisationssysteme zur Beseitigung des Abwassers errichtet wurden. Voraussetzung für die Anlage von Rieselfeldern war das Vorhandensein von gut durchlässigen Böden, wie z.B. pleistozänen Hochflächensanden mit zwischengelagertem Geschiebemergel im Umland von Berlin.

Bei der Passage des aufgebrauchten Abwassers wurde die Reinigungsleistung des Bodens genutzt. Dabei wurden die Inhaltsstoffe des Abwassers sowohl in gelöster Form als auch als Partikel in den Rieselfeldboden eingetragen, dort abgebaut oder angereichert oder mit dem Wasser unter Konzentrationsänderung durch Anreicherung bzw. Ausschwemmung weiter transportiert, wobei eine Vielzahl von geochemischen, physikalischen, biochemischen und biologischen Vorgängen abliefen.

#### **3.1 Technologische Abläufe auf Rieselfeldern**

Gem. Fachbereichsstandard der DDR zählte der Betrieb von Rieselfeldern zu den Verfahren der natürlich-biologischen Abwasserreinigung, die wie folgt definiert waren (TGL 1984):

**Natürlich - biologische Abwasserreinigung:** großflächige Verfahren der aeroben biologischen

Abwasserreinigung in einem natürlichen oder von der Natur kopierten Lebensraum mit heterotropher und autotropher Komponente;

**Abwasserbodenbehandlung:** natürlich-biologische Abwasserreinigung auf Bodenflächen;

**Abwasserverrieselung:** intermittierende Ableitung von meist mechanisch geklärtem Abwasser zum Zweck der Versickerung und Abwasserreinigung durch im Boden lebende Mikroorganismen, näher bezeichnet als Oberflächenverrieselung und Untergrundverrieselung;

**Rieselfeld (Rieselfläche):** Fläche, die zur Abwasserverrieselung angelegt ist;

**Furchenverrieselung:** Rieselfeldverfahren, bei dem das Abwasser zwecks Infiltration in parallele Furchen verteilt wird;

**Stauverrieselung:** Rieselfeldverfahren, bei dem eine Rieselfläche mit Abwasser überstaut wird;

**Entlastungsfläche:** Fläche zur Aufleitung von Abwasser für die Zeit, in der eine wirksamere natürlich-biologische Reinigung erschwert oder nicht möglich ist;

**Abwassergabe:** auf die Fläche bezogenes verregnetes Abwasservolumen je Zeiteinheit ( $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d}$ ;  $\text{mm}/\text{a}$ ).

Die im Umland Berlins im Land Brandenburg liegenden ehemaligen Rieselfelder (s. Anl. 3) eignen sich gut, um die Technologie des Rieselfeldbetriebes darzustellen. Die Einrichtung der Berliner Rieselfelder erfolgte nach einem Projekt von HOBRECHT, der die Stadtfläche in 12 Radialsysteme einteilte. In jedem Radialsystem war ein Pumpwerk vorgesehen, dem die Abwässer (häusliches, gewerbliches, industrielles Schmutzwasser und Niederschlagswasser) durch Gefälleleitungen aus der in Berlin errichteten Schwemmkanalisation zufließen (UMWELTATLAS 2000).

Vom Pumpwerk erfolgte über gusseiserne Druckrohre (Durchmesser 1.400 mm) der Transport der Abwässer auf die außerhalb der Stadt liegenden Rieselfelder. Gleichzeitig wurden bestimmte Rieselfelder zusätzlich von Direktzuleitern beaufschlagt. Am Ende der Druckleitung auf dem höchsten Punkt der jeweiligen Rieselflächen befand sich ein offenes 5 bis 10 m hohes Standrohr (Rieselturm), von dem aus durch Rieselwärter mittels Schiebern die Verrieselung des Abwassers (über mehrere Druckrohre) gesteuert wurde (BJARSCH 1997).

Aus den Druckleitungen gelangte das nicht vorgereinigte Abwasser (Schwarzwasser) zur mechanischen Reinigung in auf den Rieselfeldern speziell angelegte Absetzbecken (zumeist Erdbecken ohne Abdichtung), die dem Absetzen der Sinkstoffe und dem Zurückhalten der Schwimmstoffe (mittels Tauchwänden) dienen. In den Becken sedimentierten ca. 75% der im Abwasser enthaltenen Partikel. Die abgesetzten Sedimente wurden anschließend aus diesen Becken ausgeräumt und auf speziellen Schlamm-trockenplätzen (Trockenbeete) entwässert. Der entwässerte Schlamm wurde im Randbereich der Rieselfelder zwischengelagert und zumeist auf landwirtschaftliche und gärtnerisch genutzte Flächen zur Bodenverbesserung und Nährstoffzufuhr ausgebracht.

Nach Passieren des Absetzbeckens gelangte das mechanisch vorgereinigte Abwasser durch natürliches Gefälle (Gräben, Zuführungen) auf die Rieseltafeln (Rieselstücke). Rieseltafeln stellen mit ca. 80% der Gesamtfläche das wichtigste Element der Rieselfeldbewirtschaftung dar (SCHENK 1995). Die Rieseltafeln wurden in Abhängigkeit von der Oberflächengestaltung als Horizontalstücke oder Hangstücke ausgebildet und mit Erdwällen umgeben. Die durchschnittliche Größe dieser Tafeln betrug ca. 0,25 ha, d.h. ca. 50 m x 50 m (s. Anl. 1). Auf den Rieseltafeln wurden neben Wintergetreide, Futtergräsern und Mais auch Gemüse in nennenswertem Umfang angebaut.

Die Verrieselung der Horizontalstücke (Stauverrieselung) erfolgte durch ganzflächige Überstauung über umlaufende Verteilungsrinnen (Einleiter).



Bei als Hangstücken ausgebildeten Rieseltafeln wurde das Abwasser der oberen Kante zugeführt und von dort dem Gefälle folgend herabgerieselert (Hangverrieselung). Bei dieser Art der Beschickung der Rieselfelder drang ein Teil des Abwassers in den Boden der Rieseltafel ein, ein Teil des Abwassers verdunstete und ein großer Teil des Wassers wurde nach Durchlaufen der Rieselfläche am tiefsten Punkt der Rieselanlage in Sammelgräben aufgefangen (s. Anl. 2).

Außerdem gab es Beetstücke mit Furchenbewässerung (Furchenverrieselung/Beetverrieselung). Dabei floss das Abwasser über parallel angelegte Längsgräben (ca. 1 m Abstand, untereinander verbunden) und diente zur direkten Bewässerung der Wurzeln von Obstbäumen.

Das Grabensystem eines Rieselfeldes wurde regelmäßig gereinigt, indem abgesetzte Sedimente ausgeräumt und in der Regel direkt am Grabenrand abgelagert wurden.

Im Umfeld der Rieseltafeln existierten häufig so genannte Wildrieselflächen (Entlastungsflächen), die bei Überlastung der eigentlichen Rieseltafeln über Schieber mit nicht vorbehandeltem Abwasser direkt beaufschlagt wurden.

Außerdem wurden im Laufe der Nutzung der Rieselfelder speziell im Berliner Umland, beginnend Mitte der 60er Jahre, sogenannte Intensivfilterflächen (Intensivfilter) eingerichtet, die dauerhaft überstaut und deshalb mit erhöhten Wällen umgeben waren. Dies waren Oxidationsteichanlagen, d.h. mehrere nacheinander durchflossene ca. 1 ha große Becken, die durch Abschieben der Humusschicht angelegt wurden.

Gegenüber normalen Rieselfeldern wurde auf diesen Intensivfilterflächen ein Mehrfaches der Abwassermengen aufgebracht (ganzjähriger Überstau, > 10.000 mm/a).

Die Abwasserverrieselung erfolgte mit Ausnahme der Intensivfilterflächen in einem bestimmten Rhythmus. Nach dem Überstauen wurde gewartet, bis das Wasser versickert, und der Boden wieder durchlüftet war. Für Grünlandflächen waren 4-8 Berieselungen pro Jahr mit Beaufschlagungsmengen von 2000mm/a bis 4000 mm/a typisch, während z.B. Rieselfelder, auf denen Wintergetreide angebaut wurde, nur einmal jährlich mit ca. 100 - 500 mm Abwasser beaufschlagt wurden (BÖKEN & HOFFMANN 2001).

Zum Zwecke der Abführung des gefilterten und gereinigten Abwassers sowie der Belüftung des Bodens wurden in den Rieselflächen oftmals Dränagerohre verlegt. Das Dränwasser wurde über Sammeldräns in Entwässerungsgräben und anschließend zu den Vorflutern geleitet. In den Hauptvorflutern kamen in Abhängigkeit der Standortverhältnisse (Grundwasserfern/-nah) etwa 3 - 60 % der auf die Rieselfelder aufgeleiteten Wassermenge zum Abfluss. In nachgeschalteten Teichen mit Fischbesatz oder auf Doppelberieselungsflächen wurde in Einzelfällen das Wasser der Rieselfeldabläufe nochmals nachgereinigt.

Eine spezielle Form der Abwasserverwertung auf Böden war die Verregnung von Abwasser auf zumeist landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im Unterschied zu Abwasserverrieselungsflächen waren die Verregnungsflächen oftmals weiträumiger angelegt. Dadurch konnte die beaufschlagte Abwassermenge besser dem Wasserbedarf der Pflanzen angepasst werden (geringere Abwassergaben als auf Rieselfeldern). Die Verregnung des Abwassers erfolgte mittels speziellen Beregnungsmaschinen (SCHWARZ 1960, ATV 1997). Bestandteil der Verregnungsflächen waren oftmals Einrichtungen zur mechanischen Vorklärung des unbehandelten Abwassers, wie Absetzbecken und Sandfänge, in Einzelfällen auch Speicherbecken für Abwasser und/oder spezielle Ausgleichsflächen in Form von Bodenfiltern (Intensivfilterflächen).

Bei der Altlastenuntersuchung auf ehemaligen Rieselfeldern sind vor allem nachfolgend ausgewiesene Teilflächen von Bedeutung:

- Rieseltafeln mit Dämmen und Wällen (Horizontalstücke, Hangstücke, Beetstücke)
- Absetzbecken
- Schlamm-trockenplätze, Schlamm-trockenbeete
- Grabensystem mit Zuführungen und Einleitern
- Wildrieseltafeln mit Schiebern

- Intensivfilterflächen
- Dränagesysteme (Sammeldräns, Entwässerungsgräben)
- Vorfluter

sowie gegebenenfalls:

- Lagerplätze für Klärschlämme
- Flächen für die Kompostierung von Klärschlämmen
- Lagerflächen für andere Schlämme, z.B. Fe-Mn-Schlämme der Trinkwasseraufbereitung
- Schönungsteiche (Absetzbecken) zur Nachreinigung von Klärwerksabläufen
- Absetzbecken, Sandfänge und Speicherbecken bei Abwasserverregnungsflächen
- Abwassersystem am Anfallort
- Pumpwerk und Druckleitung vom Pumpwerk zum Rieselfeld mit Rieselturm

### **3.2 Wirkungen des Rieselfeldbetriebs auf das Schutzgut Boden**

Durch die langjährige Beaufschlagung der Rieselfeldböden mit ungereinigtem Abwasser kann es im Sinne von § 2 BBodSchG zu Veränderungen der

- chemischen Beschaffenheit
- physikalischen Beschaffenheit
- biologischen Beschaffenheit

des Schutzgutes Bodens und weiteren Beeinträchtigungen betroffener Schutzgüter kommen.

Die Inhaltstoffe des beaufschlagten Abwassers, wie organische Substanz, Fette, Nährstoffe, Schwermetalle, Tenside, organische Schadstoffe und andere Abwasserinhaltsstoffe wurden in Rieselfeldböden eingetragen, akkumuliert und z.T. metabolisiert, so dass sie die chemische Beschaffenheit des Bodens nachhaltig beeinflusst und verändert haben.

Von Bedeutung für die Zusammensetzung des beaufschlagten Abwassers war vor allem dessen Herkunft (kommunales Abwasser, Abwasser aus Industrie und Gewerbe, Abwasser von speziellen Anfallorten wie Zucker- und Stärkefabriken, Anlagen der Tierproduktion, Krankenhäusern, militärischen Liegenschaften ...).

Infolge der langjährigen Beaufschlagung mit Abwasser weisen Rieselfeldböden in der Regel erhebliche Anreicherungen von organischer Substanz und Nährstoffen, wie Stickstoff, austauschbarem Calcium, Magnesium und Kalium, Phosphor- und Schwefelverbindungen oder auch Natrium auf.

Nach Einstellung der Abwasserverrieselung fand und findet in der Regel eine verstärkte Mineralisation von organischer Substanz im Rieselfeldboden statt, so dass z.B. Nitrat, Sulfat und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) im Boden angereichert und in die Tiefe verlagert werden können. Gleichzeitig ist in der Regel auf diesen stillgelegten Flächen eine deutliche Abnahme der pH-Werte und der Pufferkapazität zu beobachten.

Neben dem Anstieg der Gehalte an Nährstoffen und organischer Substanz in Rieselfeldböden stellt insbesondere der Eintrag von Schwermetallen mit dem Abwasser eine Quelle für schädliche Veränderungen der chemischen Bodenbeschaffenheit dar. Dies betrifft insbesondere die Elemente Cadmium, Blei, Kupfer, Zink (Tab. 2). Aber auch Chrom, Quecksilber, Nickel, Thallium bzw. Arsen können in Rieselfeldböden deutlich angereichert sein.

**Tab. 2:** Schwermetallgehalte im Boden verschiedener Bereiche von ehemaligen Rieselfeldern im Süden Berlins. Werte in mg/kg. BLUMENSTEIN et.al. (1997)

Element	Zuleiter <sup>3)</sup>	Rieseltafeln (Oberboden)	Dämme <sup>4)</sup>	Becken <sup>5)</sup>
Blei	154 <sup>1)</sup>	188	224	265

	8,0 - 428 <sup>2)</sup>	6,0 - 694	10 - 800	3,0 - 977
Cadmium	2,7 0,4 - 6,5	9,8 0,3 - 41	6,6 0,9 - 32	11,9 0,10 - 70,1
Chrom	61 0,1 - 180	33 4,0 - 140	71 12,0 - 285	166 3,0 - 425
Kupfer	163 3,0 - 990	108 2,0 - 480	189 26 - 771	447 8,0 - 1.306
Nickel	18,5 16 - 66	38 1,0 - 180	27 4,0 - 130	64 1,0 - 190
Zink	368 2,0 - 511	505 26,0 - 1.975	494 67 - 1.470	1.062 42 - 2.718

<sup>1)</sup> arithmetischer Mittelwert

<sup>2)</sup> Minimum - Maximum

<sup>3)</sup> Zuleiter wurden regelmäßig manuell gesäubert

<sup>4)</sup> auf den Dämmen wurde der Aushub aus den Zuleitern abgelagert

<sup>5)</sup> Absetzbecken, Schlamm-trockenplätze, Intensivfilter

Dabei können die genannten Schwermetalle, wie aus TABELLE 2 ersichtlich, sehr unterschiedlich in Rieselfeldböden verteilt sein. Dies betrifft sowohl deren horizontale als auch vertikale Anreicherung innerhalb eines Rieselfeldes.

Generell lassen sich folgende Tendenzen bei der Herausbildung typischer Schwermetall - Verteilungen auf ehemaligen Rieselfeldern erkennen:

- starke, oftmals sehr heterogen verteilte Anreicherungen im Oberboden (0 - 30 cm), in Einleiterbereichen und in kleinen Senken (Relief) innerhalb der Rieseltafeln;
- Anreicherungen in Klärschlambändern (in der Horizontabfolge)
- Abnahme der Konzentration mit zunehmender Entfernung zu Absetzbecken bzw. Einleitern;
- flächenhafte Anreicherungen auf Wällen der Rieseltafeln (Materialablage aus den Tafeln bei deren Instandhaltung), Schlamm-trockenplätze, Klärschlamm-lagerflächen im Randbereich von Rieselgräben, auf Intensivfilterflächen, in Teichsohlen und in Vorflutsedimenten;
- bandförmige Ausbreitung parallel zu Zuleitergräben, wobei die oberste Sedimentschicht der Zuleiter stark kontaminiert sein kann;
- Abnahme der Schwermetall-Konzentration mit zunehmender Bodentiefe, oftmals diffuse Verteilung in Unterböden.

Auf zwischenzeitlich umgestalteten Rieselfeldern kann die räumliche Verteilung der Schwermetallbelastung des Bodens wesentlich beeinflusst sein (z.B. durch „Homogenisierung“ und Verdünnung durch Vermischung oder „Verschleppen“ von belastetem Bodenmaterial beim Einebnen und Umpflügen der Rieselfeldstrukturen).

Nach Stilllegung von Rieselfeldern kann der Humusabbau in Rieselfeldböden (Mineralisation der organischen Substanz, Absenkung des pH-Wertes) zu einer spürbaren Freisetzung (Remobilisierung) und Tiefenverlagerung von Schwermetallen führen.

Mit dem Abwasser gelangten neben Nährstoffen und Schwermetallen auch organische Schadstoffe in die Rieselfeldböden. Diese Gruppe von Schadstoffen, wie Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Biphenyle (PCB), aliphatische Kohlenwasserstoffe (MKW), Hexachlorbenzol (HCB), Hexachlorcyclohexan (HCH), 1,1,1-Trichlor-2,2-bis (chlorphenyl)-ethan (DDT), diverse Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln u.a. waren in der Regel im Abwasser in deutlich geringeren Konzentrationen vorhanden als Nährstoffe oder Schwermetalle. Demzufolge spielten sie als Kontaminanten auf Rieselfeldböden offensichtlich eine geringere Rolle. Als organische Schadstoffe von Altlastenrelevanz in Rieselfeldböden sind vor allem PAK, PCB und ggf. MKW zu nennen (Tab. 3).

**Tab. 3:** Organische Schadstoffe im Boden von Rieselfeldern im Süden Berlins  
Werte in mg/kg, aus: BLUMENSTEIN et.al. (1997)

	Rieseltafeln	Becken
--	--------------	--------

		(Absetzbecken, Schlamm-trocken-plätze, Intensivfilter)
PAK	1,5 <sup>1)</sup> NWG <sup>2)</sup> - 13,7 <sup>3)</sup>	1,1 0,01 - 5,1
PCB	0,086 NWG - 0,846	0,055 NWG - 0,237
DDT	0,018 NWG - 0,234	0,0067 NWG - 0,037
MKW <sup>4)</sup>	219 1.591 <sup>3)</sup>	- -

<sup>1)</sup> Mittelwert

<sup>2)</sup> unterhalb der Nachweisgrenze

<sup>3)</sup> Maximalgehalt

<sup>4)</sup> Werte aus HOFFMANN et.al. (2000) für die ehemaligen Rieselfelder Berlin - Buch

Mit höheren Konzentrationen an organischen Schadstoffen ist auf Teilflächen von ehemaligen Rieselfeldern, auf denen Klärschlamm gelagert wurde, zu rechnen. Ggf. können auf solchen Teilflächen organische Schadstoffe, wie Dioxine und Furane (PCDD/F), lineares Alkylbenzolsulfonat (LAS), Nonylphenole, Organozinnverbindungen oder Phthalate eine Rolle spielen.

Durch die langjährige Beaufschlagung der Rieselfelder mit Abwasser kam es auch zu Veränderungen der physikalischen Beschaffenheit der Böden. Hervorzuheben sind dabei vor allem Verschlammungen, Verbraunung des Unterbodens, Veränderungen der Poren-zusammensetzung, Beeinträchtigungen des Luftporenraumes und der Durchlässigkeit.

Als wesentliche Veränderungen der biologischen Beschaffenheit von Rieselfeldböden im Verlaufe der Beschickung mit nährstoffreichem Abwasser sind die Zunahme der Besiedlung des Bodens mit Mikroorganismen und der mikrobiellen - biochemischen Aktivität zu nennen.

Die Abwasserinhaltsstoffe wurden von den Mikroorganismen als Nahrungsquelle genutzt, neue Arten und Formen von Mikroorganismen siedelten sich während der Abwasser-verrieselung an. Im Abwasser enthaltene nichtpathogene und pathogene Keime wurden in der Regel im Rieselfeldboden zurückgehalten und starben ab. Nach Einstellung der Abwasserverrieselung kam es auf ehemaligen Rieselfeldern zumeist zu einer schrittweisen Reduzierung der Besiedlungsdichte und Artenvielfalt an Bodenorganismen.

### **3.2.1 Wirkungspfad Boden - Mensch**

Die Betrachtung des Wirkungspfades Boden - Mensch ist bei der Gefährdungsabschätzung auf ehemaligen Rieselfeldern insbesondere im Zusammenhang mit der möglichen Umnutzung dieser Flächen unerlässlich.

Generell ist über diesen Pfad die Beeinflussung der menschlichen Gesundheit des Menschen durch direkten Kontakt mit schadstoffbelastetem Rieselfeldboden durch

- orale Aufnahme (Ingestion, d.h. von Hand zu Mund), z.B. bei Einrichtung von Kinderspielplätzen, Reitplätzen, Haus- und Kleingärten oder anderen sensiblen Nutzungsarten,
- inhalative Aufnahme von kontaminierten Bodenpartikeln (Staub), z.B. bei Einrichtung von Motocrossstrecken oder bei Windverwehung auf benachbarte Wohngebiete,
- dermalen Kontakt (Hautkontakt)

möglich.

### **3.2.2 Wirkungspfad Boden - Pflanze - (Tier)**

Von Bedeutung ist dieser Wirkungspfad insbesondere dann, wenn auf ehemaligen Rieselfeldern Nahrungs- und Futterpflanzen angebaut werden oder wildwachsende Pflanzen als Futter für Wildtiere dienen.

Diese Pflanzen können über die Wurzel Schadstoffe aus dem Boden in Konzentrationen aufge-

nommen haben, die bei Verzehr der Ernteprodukte zu Gesundheitsschäden bei Mensch und Tier führen können. Ebenso können Bodenanhäufungen oder Staubanlagerungen an der Pflanzenoberfläche zur Schadstoffbelastung der Ernteprodukte beitragen.

Insbesondere Cadmium, Zink und andere Schwermetalle wurden in auf Rieselfeldern gewachsenen Nahrungs- und Futterpflanzen in Konzentrationen nachgewiesen, die deutlich über denen von Pflanzen liegen, die auf nichtkontaminierten Böden angebaut wurden (Tab. 4).

**Tab. 4:** Durchschnittliche Cd-Gehalte in Kulturpflanzen auf landwirtschaftlich genutzten Böden ehemaliger Rieselfelder im Süden Berlins und in Gebieten ohne Cd-Belastung des Bodens Werte in mg/kg TS, aus: GRÜN et. al. (1990)

Fruchtart	Rieselfelder im Süden Berlins	Gebiete ohne Cadmiumbelastung
Mais	0,17 - 10	0,11
Futtergräser	0,16 - 6,6	0,10
Futterrübe / Zuckerrübe (Blatt)	8,1	0,28
Futter-/Zuckerrübe (Rübenkörper)	2,2	0,08
Kartoffel (ungeschält)	0,54	0,04
Roggen (Korn)	0,30	< 0,05
Roggen (Stroh)	1,0	0,13
Weizen (Korn)	0,76	< 0,05
Weizen (Stroh)	2,5	0,15

Durch den Verzehr von schadstoffbelasteten Nahrungspflanzen und deren Ernteprodukten (Gemüse, Getreide ...) ist eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit möglich.

Bei Nutz- und Wildtieren, die kontaminiertes Futter von Rieselfeldern fressen, kann es zu einem Eintrag von Schadstoffen in den Tierkörper kommen. So wiesen Milchkühe, die mit Gras von Rieselfeldern gefüttert wurden, eine deutliche Cadmiumbelastung der Leber und Nieren auf (GRÜN et.al. 1989). Der Verzehr von derartigen tierischen Produkten durch den Menschen kann eine Gefährdung der Gesundheit verursachen.

### **3.2.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser**

Von besonderer Bedeutung bei der Betrachtung von Rieselfeldern ist der Wirkungspfad Boden – (Sickerwasser) – Grundwasser – (Oberflächenwasser), da die in den Rieselfeldböden angereicherten Schadstoffe zu einer Kontamination des Grundwassers führen können.

Über das schadstoffbelastete Sickerwasser in Rieselfeldern können Schadstoffe in das Grundwasser gelangen und sowohl Trinkwasserfassungen als über den Dränabfluss auch Oberflächengewässer gefährden. Als relevanter Input für den Grundwasserleiter kommt die Beschaffenheit des Sickerwassers erst nach Passage der gesamten Aerationzone (ungesättigte Bodenzone) auf Rieselfeldern in Betracht.

Langjährige Abwasserverrieselung hat in der Regel zu einer starken Erhöhung des Salzgehaltes im Grundwasser geführt. Das oberflächennahe Grundwasser (1. GWL) weist zudem meist hohe Konzentrationen an Ammonium, Nitrat, Phosphat, Chlorid und Sulfat auf (Tab. 5).

Unter den Rieselfeldern südlich Berlins ist die elektrische Leitfähigkeit auch im 2. Grundwasserleiter deutlich erhöht, die Versalzung des Grundwassers hat schon den darunterliegenden 3. Grundwasserleiter erreicht.

Untersuchungen im Einflussbereich ehemaliger Rieselfelder haben ergeben, dass nur dann mit einer natürlichen biochemischen Stoffeliminierung (betrifft insbesondere Stickstoffverbindungen) gerechnet werden kann, wenn ein weiträumiger Grundwasserleiter als Reaktionsraum vorhanden ist, der sehr große Fließwege und Aufenthaltszeiten bei der Untergrundpassage gewährleistet

(SOWA et. al. 1992.)

**Tab. 5:** Zusammensetzung des Grundwassers (1. GWL) im Bereich der Rieselfelder im Süden Berlins Werte in mg/l, aus: TRÖGER & ASBRAND (1995)

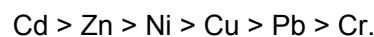
	durch Rieselfelder beeinflusstes Grundwasser	nicht durch Rieselfelder beeinfl. Grundwasser
elektrische Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1.700	500
Hydrogenkarbonat	500	165
Sulfat	240	85
Chlorid	150	14
Phosphat	12	0,01
Nitrat	190	0,3
Nitrit	0,5	0,01
Calcium	220	79
Magnesium	22	7,0
Natrium	170	7,0
Kalium	25	1,5
Ammonium	2,6	0,05
Eisen	7,0	0,5

Neben dem Eintrag von Stickstoff, Phosphor und Salzen aus Rieselfeldböden in das Sicker-Grund- und Oberflächenwasser kommt der Gefährdung des Aquifer durch Schwermetalle eine besondere Bedeutung zu.

Als bestimmende Faktoren für die Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle in Rieselfeldböden sind zu nennen:

- die Bindung der Schwermetalle im Boden (Anteile an organischer Substanz, an pedogenen Oxiden und Tonmineralien, Anteil an Salzen und anorganischen Komplexbildnern);
- der Anteil an löslichen und leicht mobilisierbaren Fraktionen am Gesamtgehalt;
- Veränderungen des pH-Wertes im Boden.

Im Ergebnis einer sequentiellen Extraktion von Schwermetallen in Rieselfeldböden im Süden von Berlin wird folgende Reihenfolge der Mobilität der Schwermetalle ausgewiesen:



In den Unterböden der mobile Anteil generell größer als in den Oberböden (GRUNEWALD et. al. 1996).

Nach Stilllegung von Rieselfeldern muss mit einer Tiefenversauerung durch Oxidation von Sulfiden zu Sulfat infolge der Einstellung der Verrieselung (bedingt u.a. Veränderung des Wasserhaushalts, Abbau von organischer Substanz, Abnahme des Bindungsvermögens für Nährstoffe und Schadstoffe) und dem Absinken des Grundwasserspiegels gerechnet werden, so dass mobilisierte Schwermetalle in der Tiefe nahezu nicht zurückgehalten und mit dem Sickerwasser in Richtung Grundwasser verlagert werden können (Tab. 6).

**Tab. 6:** Schwermetallkonzentrationen in der Bodenlösung der ehemaligen Rieselfelder Berlin-Buch im Vergleich zu den Prüfwerten der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser Werte in mg/l, aus: HOFFMANN et. al. 2000

Bodentiefe	50 cm	100 cm	180 cm	Prüfwert BBodSchV (Boden-Grundwasser)
Cadmium	0,01 - 0,67	0 - 1,40	0,01 - 0,38	0,005
Kupfer	0,01 - 2,22	0,03 - 3,11	0,07 - 8,30	0,050
Zink	0,1 - 79	0,4 - 118	1,1 - 68	0,500

Die Belastung des Grundwassers mit organischen Schadstoffen ist insgesamt geringer als im Falle von Nährstoffen und Schwermetallen. In Grundwässern verschiedener Rieselfelder im Umland von Berlin wurden verschiedentlich PAK und MKW nachgewiesen, ermittelt wurde auch Chlofibrinsäure, während Wirkstoffe aus Pestiziden, BTEX, PCB, Phthalate, Phenole in umweltrelevanten Konzentrationen nicht feststellbar waren. Die vereinzelt in hohen Konzentrationen auftretenden leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) im Grundwasser im Bereich der Rieselfelder im Süden von Berlin haben ihre Quelle vor allem ausserhalb der Rieselfelder (SCHENK 1995).

#### **4 Altlastenerfassung, -untersuchung und -sanierung**

**Zielstellung** der durchzuführenden Arbeiten im Rahmen der Erfassung, orientierenden Untersuchung und Detailuntersuchung auf ehemaligen Rieselfeldern ist es, das im Ergebnis der Aufbringung von Abwasser, Ablagerung von Schlämmen und anderen Stoffeinträgen entstandene Stoffinventar und Schadstoffpotential in relevanten Schutzgütern und Wirkungspfaden zu ermitteln, zu beurteilen und davon ausgehende Gefährdungen für die Schutzgüter abzuschätzen. Ergibt sich aus Gefährdungsabschätzung die Notwendigkeit zur Durchführung von Gefahrenabwehrmaßnahmen, sind Sanierungsuntersuchungen und -planungen erforderlich.

Altlastenrelevante Stoffe auf ehemaligen Rieselfeldern können, wie in Tab. 7 ausgewiesen, auf verschiedene Wirkungspfade wirken.

**Tab. 7:** Bedeutung von relevanten Stoffen auf ehemaligen Rieselfeldern für Wirkungspfade

Wirkungspfad	Boden - Mensch	Boden - Pflanze - (Tier)	Boden - Grundwasser <sup>1)</sup>
Stickstoff, min.	∅	+++	+++
Phosphat	∅	+++	++
Cadmium	+++	++	++
Zink	(+)	++	+++
Blei	+++	(+)	+
Quecksilber	+++	+	++
PAK	+++	(+)	+
PCB	+++	(+)	+

<sup>1)</sup> Boden - (Sickerwasser) -Grundwasser - (Oberflächenwasser)

+ gering,

++ mittelmäßig,

+++ erheblich,

∅ nicht relevant

#### **4.1 Erfassung**

Die Erfassung der altlastverdächtigen Flächen auf ehemaligen Rieselfeldern erfolgt auf Grundlage von § 11 BBodSchG i.v.m. § 31 BbgAbfG (§ 2 Entwurf BbgBodSchG) durch die zuständige untere Bodenschutzbehörde. Sie beinhaltet deren Erhebung und historische Recherche.

Grundlagen für die Durchführung der Erfassung bilden die Vorgaben des Handbuchs zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg (Kapitel 3 - Erfassung, Untersuchung, Bewertung) sowie des Fachinformationssystems Altlasten (FIS AL 1997) und die Bände 1,4,6 sowie 10 der Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg sowie die „Arbeitshilfen Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (LABO 2002).

Für die Durchführung der Recherche zu bereits vorhandenen Untersuchungen, Gutachten, Berichten und anderen Unterlagen wird empfohlen, neben den im Handbuch zur Altlastenbearbeitung in Tabelle 3.1.1 genannten Informationsquellen und Fachbehörden bei Relevanz folgende Quellen zu nutzen:

- Literaturrecherche zu diesem Leitfaden,
- Wasser- und Abwasserzweckverbände, Stadtwerke
- Stadtgüter Berlin mbH, Berliner Wasserbetriebe,
- Grundstückseigentümer und -nutzer, BvS, TLG,
- Stadt- und Gemeindeverwaltungen,
- Ämter zur Regelung offener Vermögensfragen,
- Landwirtschaftsämter, Flurneuordnungsämter,
- Landwirtschaftsunternehmen im Einzugsgebiet ehemaliger Rieselfelder,
- Gemeindearchive, Staatsarchive, Ortschronisten, Geschichtsvereine,
- Befragung von Zeitzeugen

Schwerpunkte der im Rahmen der Erfassung durchzuführenden Geländebefahrungen ehemaliger Rieselfelder sollten u.a. sein:

- Aufnahme des Istzustandes (z.B. Fotodokumentation),
  - Abgleichen mit Lageplänen, Betriebsplänen, historischen Plänen, Luftbildern...
  - Rekonstruktion der ehemaligen Rieselfeldstruktur und Raumelemente,
  - Erkennen von Geländeanomalien, Kontaminationen an der Oberfläche ...,
  - Aufnahme und Begehung der Vorfluter und der Umgebung des Standortes.
- Besondere Bedeutung bei den Recherchen hat die Ermittlung folgender spezifischer Angaben (siehe auch Stammdaten bei der FIS AL - Erfassung):

- Herkunft, Anfall und Menge des beaufschlagten Abwassers, Dauer und Regime der Abwasser-erverrieselung und/oder -verregnung, Einstellung der Abwasserbeaufschlagung;
- Ermittlung altlastenrelevanter Raumelemente (Rieselfeldstruktur);
- Nutzung von Teilflächen zur Lagerung von Klär- und anderen Schlämmen bzw. Abfällen;
- Nutzung und Veränderungen der Flächen nach Einstellung der Abwasser-beaufschlagung.
- Aufnahme vorhandener Messpegel bzw. Grundwassermessstellen
- Rieselfelder im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnung und -nutzung,
- Belange des Naturschutzes auf ehemaligen Rieselfeldern und in deren Umfeld,
- aktuelle Nutzung oder Planungen zur Nachnutzung ehemaliger Rieselfelder.

Die Erkenntnisse der Recherchen zum Standort sind zu verifizieren, zu systematisieren und auszuwerten, um

- die vermutlich kontaminierten Bereiche auszuweisen,
- auf der Grundlage des BBodSchG und der BBodSchV das lokal vorhandene Schadstoffinventar für die oben genannten Schutzgüter und Wirkungspfade unter Bezugnahme auf die konkreten geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Standortbedingungen einzuschätzen und
- die sich anschließende orientierende Untersuchung zu planen.

Die Ergebnisse aus der Arbeitsphase Erfassung (Erhebung und historische Recherche) sind in das FIS AL einzugeben und in einem Ergebnisbericht darzustellen.

Dieser Bericht gibt zugleich auf der Grundlage von § 3 BBodSchV Empfehlungen für das fallbezogene behördliche Handeln:

- Ausräumung des Altlastenverdachts, ggf. Entlassung aus dem Altlastenverdacht und ISAL - Archivierung, wobei die Entlassung aus dem Altlastenverdacht nur für die betreffende Nutzung möglich ist, die Archivierung im ISAL ist erforderlich, da bei einer ggf. höherwertigen Nutzung eine Neubewertung notwendig wird,
- bei Bestätigung des Altlastenverdachts Aufstellen des Untersuchungsprogrammes für die orientierende Untersuchung des Standortes,
- bei akuter Gefährdung Einleiten von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr.



## **4.2 Orientierende Untersuchung**

Hat die Erfassung von altlastverdächtigen Flächen auf ehemaligen Rieselfeldern zu dem Ergebnis geführt, dass Anhaltspunkte für eine Altlast vorliegen, folgt die Arbeitsphase orientierende Untersuchung gem. § 3 Abs. 3 und 4 BBodSchV unter Berücksichtigung der in Anh. 1 (Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung) und Anh. 2 (Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte) in der BBodSchV getroffenen Festlegungen. Für diese Bearbeitungsetappe sind die zutreffenden Vorgaben aus

- dem Handbuch zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg (Kapitel 3),
- den Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg,
- den „Arbeitshilfen für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (LABO 2002),
- dem Sonderheft 2/2001 der BAM: Anforderungen an Probenahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden ... (BANNERT et.al. 2001)

anzuwenden.

Gem. BBodSchV und LABO (2002) ist es das Ziel der orientierenden Untersuchung, einen Altlastenverdacht hinreichend zu bestätigen oder auszuschließen. Dazu ist das mögliche Schadstoffspektrum der ehemaligen Rieselfelder zu untersuchen und ggf. dessen Auswirkungen auf die betroffenen Medien festzustellen. Anschließend ist eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen die als Entscheidungsgrundlage für die Ableitung des weiteren Handlungsbedarfs durch die zuständige Behörde dient.

Die orientierende Untersuchung von ehemaligen Rieselfeldern beginnt mit der Erarbeitung einer Untersuchungsstrategie auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Erfassung des Standortes. Der Schwerpunkt der orientierenden Untersuchung ist vor allem auf die in Kapitel 4.1 genannten Verdachtsbereiche auf ehemaligen Rieselfeldern zu legen. Zur Planung der Arbeitsetappe orientierende Untersuchung gehören die Probennahmeplanung nach Anh. 1 BBodSchV und das Erstellen eines Analysenkonzeptes.

Bei der orientierenden Untersuchung auf ehemaligen Rieselfeldern sind Bodenuntersuchungen (Königswasser, Ammoniumnitrat), Untersuchungen des Grundwassers und von standortnahen Oberflächengewässern (Vorfluter) sowie ggf. von auf den Rieselfeldern wachsenden Pflanzen, abgelagerten Schlämmen und Abfällen vorzusehen.

Die Entnahme von Bodenluftproben sollte nur erfolgen, wenn Hinweise vorliegen, dass leichtflüchtige Stoffgruppen am Standort Relevanz für die Beurteilung der Altlastensituation besitzen könnten (z.B. LHKW in Industrie-Abwässern).

Zur Entnahme von Bodenproben dienen vor allem Sondierungen, Bohrungen und Schürfe. Die Festlegung der Probennahmepunkte erfolgt bezogen auf den jeweiligen Wirkungspfad entsprechend den Vorgaben in Anh. 1, Punkt 2 der BBodSchV.

Da auf ehemaligen Rieselfeldern insbesondere die räumliche Verteilung der Schadstoffe von Bedeutung für die Gefährdungsabschätzung ist, wird die repräsentative Beprobung der Rieseltafeln, z.B. mittels eines Rasters, und die gezielte Beprobung von Kontaminations-schwerpunkten in der Regel die Vorzugsvariante sein.

Bei der Festlegung der Beprobungspunkte sind deshalb

- die zumeist starke engräumige Variabilität der stofflichen Belastung der Rieselfeldböden,
- die Lage der Zuführungen und Einleiter,
- Geländevertiefungen auf Rieseltafeln (Senken für Abwasser-Feststoffe),
- Wälle der Tafeln, auf denen Material bei der Tafelberäumung dauerhaft abgelegt wurde,
- als Absetzbecken, Schlamm-trockenbeete, Schlamm-lagerplätze oder Intensivfilter genutzte Teilflächen

besonders zu berücksichtigen.

Je Rieseltafel (ca. 50 m x 50 m) sind mindestens 5 Mischproben, gewonnen aus jeweils 15 bis 25 Einzelproben, mittels Bohrstock aus dem Oberboden (Beprobungstiefen nutzungsbezogen entsprechend Anh. 1 BBodSchV) Schichttiefen 0-10 und 10-30 cm) zu entnehmen.

Die Beprobung tieferer Bodenhorizonte hat horizontbezogen (in der Regel in 30 - cm Schritten) zu erfolgen, wobei für diese Tiefenproben (Rückstellproben), gewonnen z.B. mittels Rammkernsonde, das Rastermaß (min. 5 Proben je Rieseltafel) beibehalten werden sollte.

Zur Charakterisierung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser ist zur Ermittlung der vertikalen Schadstoffverteilung in der Regel die gesamte ungesättigte Bodenzone an ausgewählten Rasterpunkten zu beproben.

Auf Flächen mit zu erwartender gleichmäßigerer Schadstoffverteilung (z.B. Flächen mit Abwasserregnung, Rieselflächen von Zucker- oder Stärkefabriken) kann das o.g. Rastermaß entsprechend den örtlichen Bedingungen vergrößert werden.

Bestandteil der Beprobung ist eine exakte bodenkundliche Aufnahme der Horizontabfolge sowie der Lage von ggf. vorhandenen Klärschlammablagerungen (sog. Klärschlammblätter) und erdverlegten Dränagen.

Für die in der orientierenden Untersuchung gewonnenen Proben sind die in Tab. 8 aufgeführten Parameter in den einzelnen Proben zu bestimmen.

**Tab. 8:** Parameter<sup>4</sup> für die orientierende Untersuchung von ehemaligen Rieselfeldern (Analytik gem. Anh. 1 BBodSchV)

Medium	Parameter
Boden	pH-Wert, Leitfähigkeit, Salzgehalt,
	Tongehalt, Korngrößenverteilung
	organische Substanz, Gesamt - Kohlenstoff, basisch wirksame Substanz
	Nitrat - N, Ammonium - N, Gesamt - N
	Sulfat, Chlorid, (Fluorid)
	Phosphat (DL), Kalium (DL), Natrium, (Eisen)
	Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink
	EOX, PAK, PCB, MKW
	(PCDD / F)
	(DDT, Lindan)
	(Keime)
Wasser	pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Redoxpotential, Gesamthärte
	TOC, DOC, AOX, BSB, CSB <sub>5</sub>
	Nitrat, Ammonium, Nitrit, Gesamt - N
	Phosphat, Kalium, Magnesium, Calcium, Natrium, Eisen
	Sulfat, Chlorid, (Fluorid)
	Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink
	PAK, PCB, MKW
	(LHKW)
	Leuchtbakterientest
	(Clofibrinsäure ...)
	Keime: Koloniezahlen, E. coli, Coliforme, Fäkalstreptokokken
Schlämme, Sedimente	organische Substanz, Gesamt - Kohlenstoff, basisch wirksame Substanz
	Nitrat - N, Ammonium - N, Gesamt - N
	Phosphor, Kalium
	AOX

<sup>4</sup> - in Klammern gesetzte Parameter sind fakultativ bei einem konkreten Verdacht zu bestimmen, die übrigen Parameter stellen das Untersuchungsprogramm für stillgelegte Rieselfelder dar

	Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink
	PAK, PCB, MKW
	(PCDD / F)
Pflanzen	Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink
	(PAK)

Das Grundwasser ist in die orientierende Untersuchung einzubeziehen, wenn seine Gefährdung durch Schadstoffe aus den alllastverdächtigen Flächen des zu erkundenden Rieselfeldes nicht eindeutig ausgeschlossen werden kann.

Ist der lokale Grundwasserleiter zu erschließen, werden im Anstrom, in den vermuteten Eintragsbereichen von Schadstoffen und im Abstrom des zu erkundenden Standortes Bohrungen niedergebracht, als permanente Grundwassermessstellen ausgebaut und der Aquifer beprobt (siehe auch: Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg, Band 10 und Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung - Kapitel 2.2). Am Standort des Rieselfeldes oder in dessen Umfeld bereits vorhandene Grundwassermessstellen sind auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen und ggf. in die Beprobungen einzubeziehen.

Da in ländlichen Gebieten in der Umgebung von ehemaligen Rieselfeldern noch Hausbrunnen bestehen und genutzt werden können, sind diese zu beproben.

Im nahen Umfeld des Rieselfeldes liegende Oberflächengewässer (Entwässerungsgräben, Bäche, Flüsse, Teiche oder Seen) sind bei begründetem Verdacht, dass sie in Verbindung zu den Rieselfeldern standen oder stehen, ebenfalls in die Beprobung einzubeziehen.

Ist mit vertretbarem Aufwand die direkte Gewinnung von Grundwasserproben nicht möglich, können auch Sickerwasserproben (z.B. Schöpfproben aus temporären Grundwassermessstellen) gewonnen oder Eluatuntersuchungen von Bodenproben durchgeführt werden.

Bestandteil der orientierenden Untersuchung sollte in Abhängigkeit von der konkreten örtlichen Situation des jeweiligen Rieselfeldes auch die Probennahme und Analytik von Pflanzen, Schlämmen und anderen Abfällen bzw. Sedimenten der Entwässerungsgräben und Vorfluter sein.

Die Grundlage für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse bilden die Festlegungen in § 3 Abs. 4 und § 4 der BBodSchV. Die Ergebnisse der Boden- und Wasseranalysen werden unter Berücksichtigung der geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Bedingungen sowie der aktuellen und zukünftigen Nutzung der stillgelegten Rieselfelder nach den entsprechenden Prüf- und Maßnahmenwerten gem. Anh. 2 BBodSchV bewertet.

Darüber hinaus können bei der Bewertung der Ergebnisse der orientierenden Untersuchung folgende Bewertungshilfen genutzt werden:

- Geringfügigkeitschwellen zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen (LAWA 1998/2000)
- Richtwerte für die Bewertung von Bodennährstoffgehalten (VD LUFA 2001)
- Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (VERORDNUNG 2001a)
- Futtermittelverordnung vom 23. November 2000 (Verordnung 2001b)
- Grenz- und Richtwerte der Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV 2001)

Zur regionalen Einordnung der auf den untersuchten Rieselfeldern ermittelten Schadstoffgehalte im Oberboden können außerdem bei der Bewertung die Hintergrundwerte herangezogen werden ([www.brandenburg.de/land/mlur/a/a\\_bo\\_hw.htm](http://www.brandenburg.de/land/mlur/a/a_bo_hw.htm)).

Im Vordergrund der Gefährdungsabschätzung im Ergebnis der orientierenden Untersuchung auf ehemaligen Rieselfeldern steht die Frage, ob von den festgestellten Belastungen mit Nährstoffen oder Schadstoffen eine Gefahr für die menschliche Gesundheit ausgeht. Als indirekte Ge-

fährdung der menschlichen Gesundheit ist die Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung oder des Grundwassers als Trinkwasserressource sowie die Belastung von Nahrungspflanzen und für den Verzehr vorgesehenen tierischen Produkten (von Nutz- und Wildtieren, die durch auf Rieselfeldern wachsende Futter- oder Wildpflanzen kontaminiert wurden) von Bedeutung.

Im Ergebnis der orientierenden Untersuchung von ehemaligen Rieselfeldern können folgende Festlegungen durch die zuständige Behörde getroffen werden:

- **Entlassung aus Altlastenverdacht unter der Voraussetzung, dass bei jeglicher Nutzung eine Gefahr nachweislich auszuschließen ist.**
- **Überwachung der altlastverdächtigen Fläche gem. § 15 BBodSchG.**
- **Durchführung einer Detailuntersuchung.**
- **Einleiten von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr durch die zuständige Behörde, wenn akute Gefahren bekannt werden.**

#### **4.3 Detailuntersuchung**

Die Detailuntersuchung ist auf der Basis der Anforderungen von § 3 (5) der BBodSchV unter Berücksichtigung der in den Anhängen 1 und 2 der BBodSchV getroffenen Festlegungen durchzuführen. Danach soll festgestellt werden, ob sich aus den Anreicherungen von Nährstoffen und Schadstoffen auf dem stillgelegten Rieselfeld Gefahren ergeben und ob bzw. wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Teilflächen geboten ist. Folgende Schwerpunkte sind deshalb für die Untersuchungsstrategie der Detailuntersuchung von Bedeutung:

- Die Beprobungstiefe des hat sich nach den „Arbeitshilfen für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (LABO 2002) an den relevanten Wirkungspfaden, den ermittelten Belastungstiefen, der vermuteten Lage der Hauptkontaminationsquellen und der Mobilität der für das jeweilige Rieselfeld relevanten Schadstoffe in Abhängigkeit von den konkreten Standortbedingungen zu orientieren. Für die Entnahme von Bodenproben gelten die Festlegungen nach Punkt 5.2 sinngem.. Entsprechend dem Ziel der Detailuntersuchung wird die Beprobung insbes. in den Bereichen mit festgestellter Schadstoffanreicherung flächen- und ggf. auch tiefenmäßig ausgedehnt bzw. verdichtet (Probennahmeraster).
- Die Untersuchung des Grundwassers ist vor allem dann vorzusehen, wenn im Ergebnis der orientierenden Untersuchung signifikante Differenzen der Nähr- und Schadstoffkonzentration zwischen An- und Abstrom zum Rieselfeld festgestellt wurden. Die Gewinnung von Grund- und Oberflächenwasserproben erfolgt analog Pkt. 5.2 mit folgenden Erweiterungen:

Einrichtung weiterer Grundwassermessstellen, um die Schadstoffausbreitung im Aquifer detailliert erfassen und beurteilen zu können. Bei nachgewiesener Kontamination können diese für ein ggf. erforderliches späteres Monitoring, d.h. zur Grundwasserüberwachung, genutzt werden;

Erschließen tieferer Grundwasserstockwerke bei erwiesener Kontamination des oberflächennahen Grundwasserleiters;

Untersuchung von für die Trinkwasserversorgung genutztem Grundwasser im Umfeld der Rieselfelder.

- Werden auf den Rieselflächen Nutzpflanzen angebaut, sind diese in Fortsetzung der orientierenden Untersuchung gezielt und systematisch zu beproben und zu untersuchen (Differenzierung nach Pflanzenarten und -teilen). Ebenso kann es sich in Abhängigkeit vom Standort für die Bewertung des Pfades Boden - Pflanze - (Tier) als notwendig erweisen, Nutz- und Wildtiere, die als Nahrung dienen, in die Beprobung einzubeziehen.

Das im Analysenkonzept für die Detailuntersuchung vorzusehende Spektrum der chemischen Parameter entspricht weitgehend dem der orientierenden Untersuchung. Der Untersuchungsumfang der relevanten Schadstoffe ist auf der Grundlage der Erkenntnisse der orientierenden Untersuchung festzulegen.

In ausgewählten Bodenproben sind zusätzlich die nach DIN 38414 - S 4 eluierbaren Anteile von Schadstoffen zu bestimmen.

Neben den Messungen der Schwermetallgehalte des Bodens im Königswasserauszug und im Eluat ist zur Bewertung des Pfades Boden - Pflanze zusätzlich bei landwirtschaftlicher Produktion die Untersuchung der relevanten Schwermetalle im Ammoniumnitratextrakt nach DIN 19730 vorzusehen.

Die Bewertung der Ergebnisse der Detailuntersuchung von ehemaligen Rieselfeldern durch die zuständige Behörde hat nach den Kriterien in § 4 der BBodSchV zu erfolgen. In die Bewertung sind alle vorhandenen Gutachten, Untersuchungsberichte und Unterlagen, die zum Standort und dessen Umfeld bereits vorliegen, einzubeziehen. Dies betrifft z. B. auch die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit der Altlastenuntersuchung des jeweiligen Rieselfeldes stehenden Untersuchungsergebnisse des Grundwassers.

Die Bewertung der Gefährdung des Grundwassers sollte mittels einer Sickerwasserprognose erfolgen, d.h. die aktuellen oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser sind unter Berücksichtigung der Schadstoffkonzentrationen und -frachten (betrifft insbesondere Schwermetalle) bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone abzuschätzen.

Bis zum Vorliegen eines durch den Gesetzgeber vorgegebenen einheitlichen Verfahrens zur Sickerwasserprognose sind die im Anh. 1, Punkt 3.3 der BBodSchV ausgewiesenen Wege zur Durchführung der Prognose für den untersuchten Standort zu prüfen und standortbezogen anzuwenden.

Im Ergebnis der Detailuntersuchung ist hinsichtlich des weiteren Vorgehens wie folgt zu verfahren:

- **Entlassung aus dem Altlastenverdacht unter der Voraussetzung, dass bei jeglicher Nutzung eine Gefahr nachweislich auszuschließen ist.**
- **Überwachung der Altlast gem. § 15 BBodSchG, wenn die abschließende rechtliche Bewertung durch die zuständige Behörde auf der Grundlage der abschließenden Gefährdungsabschätzung ergibt, dass eine Gefährdung von Schutzgütern nicht ausgeschlossen werden kann.**
- **Veranlassung von Gefahrenabwehrmaßnahmen durch die zuständige Behörde, wenn das untersuchte Rieselfeld eine Altlast gem. den Kriterien des BBodSchG ist.**
- **Einleiten von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr durch die zuständige Behörde, wenn akute Gefahren bekannt werden.**

#### **4.4 Maßnahmen zur Gefahrenabwehr**

Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auf ehemaligen Rieselfeldern müssen gem. §1 BBodSchG dazu beitragen, nachhaltig die Funktionen des Bodens wiederherzustellen, weitere schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, den Boden sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren. Alle Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auf ehemaligen Rieselfeldern sind im engen Zusammenhang mit der aktuellen und planungsrechtlich zulässigen zukünftigen Nutzung dieser Flächen zu sehen (s. RITSCHHEL & KRATZ 2000).

Der aktuelle Zustand der meisten Rieselfelder in Brandenburg kann gem. LUA (1997b) wie folgt

beschrieben werden:

- Kategorie I: aufgelassene und umgestaltete Flächen, auf denen die typischen Rieselfeldstrukturen seit mehreren Jahren beseitigt sind, der Boden durchmischt und erneut eingebnet wurde;
- Kategorie II: nicht mehr beaufschlagte Flächen mit erhaltener Rieselfeldstruktur, d.h. mit noch vorhandenen Tafeln, Dämmen und Grabensystemen;
- Kategorie III: Flächen mit intakter Rieselfeldstruktur und Feuchthaltung.

Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auf ehemaligen Rieselfeldern können in Abhängigkeit von der jeweiligen konkreten Standortsituation gem. BBodSchG sein:

- Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, u.a. Maßnahmen zur Nutzungsbeschränkung (Anordnungen zur Beschränkung der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzungen sowie zur Bewirtschaftung von Böden),
- Dekontaminationsmaßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe,
- Sicherungsmaßnahmen zur langfristigen Verhinderung und/oder Verminderung der Ausbreitung der Schadstoffe

Alle Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, möglich ist auch die Kombination mehrerer Maßnahmen, sind dem jeweiligen Rieselfeld - Standort angepasst, auf eine Verhinderung oder Reduzierung der Gefährdung der Wirkungspfade Boden - Mensch, Boden - Pflanze - (Tier) und Boden - Grundwasser auszurichten.

#### **4.4.1 Sanierungsuntersuchung, -planung und -durchführung**

Gegenstand der Sanierungsuntersuchung gem. § 6 BBodSchV sind, aufbauend auf den Erkenntnissen aus der vorangegangenen abschließenden Gefährdungsabschätzung zum Rieselfeld unter Nutzung von Anh. 3 der BBodSchV und Band 7 der Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg vor allem folgende Leistungen

- Auswahl der Vorzugsvariante (Sanierungsvorschlag)
- Erarbeitung eines Vorschlages zu den Sanierungszielwerten für die betroffenen Schutzgüter (Boden, Grundwasser ...),
- Auswahl der geeigneten Dekontaminations- und Sicherungsverfahren unter dem Aspekt der schadstoff-, boden-, material- und standortspezifischen Eignung, der technischen Durchführbarkeit und der Wirksamkeit im Hinblick auf das Sanierungsziel, des Zeitaufwands, des Verhältnisses von Kosten und Wirksamkeit, des Arbeitsschutzes, der Auswirkungen auf die Betroffenen und die Umwelt ...,
- Vorbereitung und Durchführung der ggf. erforderlichen Genehmigungsverfahren für vorgesehene Sanierungsverfahren,
- Entwicklung eines Kontrollprogramms zur Überwachung der Sanierungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Sanierungsuntersuchung sind in der Regel in einem Sanierungsplan gem. § 6 BBodSchV zu fassen, der die Grundlage für die Durchführung der Sanierung der als Altlast eingestuft ehemaligen Rieselfelder bildet. Der Sanierungsplan soll nach Anh. 3 BBodSchV und Band 6 der Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg Aussagen zu folgenden Fragestellungen beinhalten:

- Darstellung der Ausgangslage,
- Durchzuführende Maßnahmen und Nachweis ihrer Eignung,
- Eigenkontrollmaßnahmen zur Überprüfung der sachgerechten Ausführung und Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen,
- Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge,
- Zeitplan und Kosten.

Dekontaminationsmaßnahmen gem. § 5 BBodSchV sind zur Sanierung von ehemaligen Rieselfeldern geeignet, wenn sie auf technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren beruhen,

die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen.

Eine Variante zur Dekontamination des Bodens im Falle von Rieselfeldern ist aufgrund des Schadstoffinventars (vorwiegend Schwermetalle) der Aushub von (stark) kontaminiertem Boden und dessen ordnungsgem. Entsorgung (Bodenwaschanlage, Deponierung...).

Infolge der oftmals großflächigen Ausdehnung von Rieselfeldern stellt der komplette Aushub des kontaminierten Rieselfeldbodens zwar eine technisch durchführbare, aber in der Regel wirtschaftlich nicht verhältnismäßige Dekontaminationsmaßnahme dar.

Vielmehr sind die im Ergebnis der Untersuchungen ermittelten Hochlastbereiche, die sich vorwiegend im Bereich der ehemaligen Einleiter, Wälle und Dämme, Zuleitergräben, Absetzbecken, Schlammflächen, Intensivfilter oder Drainagegräben befinden, abzugrenzen und im Einzelfall zu prüfen, ob mittels Aushub des hochkontaminierten Bodenmaterials die Hochlastbereiche zu dekontaminieren sind. In der Regel ist davon auszugehen, dass dabei der Oberboden (bis ca. 30 cm) in diesen Bereichen komplett abzutragen ist.

Bestandteil von Dekontaminationsmaßnahmen auf ehemaligen Rieselfeldern ist, sofern im Rahmen von Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr bisher nicht erfolgt, die Aufnahme und ordnungsgem. Entsorgung von Schlammresten aus Absetzbecken, Lager- und anderen Flächen (z.B. Dammbereiche).

Als Alternativen zum Aushub des vor allem mit Schwermetallen kontaminierten Rieselfeldbodens können sich in Abhängigkeit vom Standort Verfahren zur Schadstoff-immobilisierung (s. Sicherungsverfahren) in Betracht gezogen werden.

Werden in Anlagen der Wasserversorgung (Wasserwerke) im Umfeld von ehemaligen Rieselfeldern Belastungen des Roh- und Trinkwassers mit Schadstoffen aus Rieselfeldern festgestellt, können zur Sicherstellung der ordnungsgem. Trinkwasserbereitstellung gesonderte Maßnahmen notwendig werden, wie

- Installation zusätzlicher Aufbereitungsstufen,
- Abschalten einzelner belasteter Brunnen,
- Aufrechterhaltung der Förderung ohne Trinkwassernutzung,
- Verschneiden von belastetem und unbelastetem Wasser,
- befristetes Abschalten oder völlige Schließung der Gewinnungsanlage,
- Fremdbezug von Rohwasser,
- Erschließung neuer Rohwasservorkommen.

In der Altlastensanierung häufig angewandte Sicherungsmaßnahmen, d.h. Verfahren, die zur Unterbrechung der Kontaminationswege, wie Einkapselungsverfahren (Oberflächen-abdichtung von Flächen, vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung) oder passive hydraulische Verfahren (Grundwasserumleitung ...) sind auf ehemaligen Rieselfeldern nur eingeschränkt anwendbar.

Als speziell auf schwermetallbelasteten Flächen oftmals wirksame Technologien zur Sicherung von Altlasten werden Immobilisierungsverfahren betrachtet. Zur Schwermetall - Immobilisierung werden vor allem

- Kalke, die eine Erhöhung des pH -Wertes des Bodens und eine damit einhergehende Festlegung von Schwermetallen bewirken (Nachteile: gleichzeitige Stimulierung der Mineralisierung der organischen Substanz, kurze Wirkungsdauer);
- Kationenaustauscher (zumeist unbehandelte Tonminerale), die an ihrer Oberfläche Schwermetalle binden (Nachteile: chemisch unspezifisch, hohe Ca- und Mg-Konzentrationen können Schwermetalle remobilisieren);
- mit Aluminium modifizierte Tonminerale, die Schwermetalle spezifischer als reine Tonminerale binden (Zumischung von Aluminium - Montmorillonit in den kontaminierten Boden)

und Kombinationen verschiedener Bindemittel (Asche, Gips, Kalk ...) eingesetzt (MAR-SCHNER

et.al. 1995, FURRER et.al. 1997, GUPTA et.al. 1997). Derartige Verfahren können auch auf stillgelegten Rieselfeldern Bedeutung erlangen, wenn im Ergebnis der Sanierungsplanung deren Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit auf dem konkreten Standort experimentell nachgewiesen wurde.

Als eine Sicherungsmaßnahme für belastete Rieselfeldstandorte im Rahmen von Aufforstungsmaßnahmen speziell im Berliner Umland im Sinne von § 5 (3), (4) kann das von METZ et. al. (2001) und HOFFMANN (2001) beschriebene Einfräsen von unbelastetem Geschiebelehm und -mergel (Bodenaushub aus Berlin) in ehemalige Rieselfelder angesehen werden. Mit dieser „Überlehmung“ sollen vorrangig folgende Ziele erreicht werden:

- Bildung von stabileren Bindungsformen der Schwermetalle im Boden und Reduzierung der Schwermetallverlagerung;
- Senkung der Schadstoffkonzentrationen in der Bodenlösung und damit Verringerung des öko-toxikologischen Potentials und der schädlichen Auswirkungen auf Pflanzen, deren Wurzeln sowie Mikroorganismen;
- Verbesserung der Nährstoffversorgung der Baumbestände (auf umgestalteten Rieselfeldern) und langfristige Erhöhung der Nährstoffspeicherfähigkeit der Rieselfeldböden;
- Verbesserung der Wasserspeicherkapazität durch Erhöhung des Schluff- und Tongehaltes und damit Verbesserung des Pflanzenwachstums (Baumwachstum auf umgestalteten Rieselflächen);
- effektive Verlangsamung der Schadstoffverlagerung durch schnelle Begründung gesunder Waldbestände mittels Reduzierung der Grundwasserneubildung und Aufnahme von mobilen Schwermetallen aus der Bodenlösung;
- Verdrängung der Quecke und damit Schaffung von Raum für eine artenreiche Vegetation in der Krautschicht;
- Bildung von stabileren Bodenaggregaten in Verbindung mit einem ausgeglicheneren Wasserhaushalt zum besseren Schutz vor Winderosion..

Vor Einbringung von Bodenmaterial oder anderen Materialien in Rieselfeldböden ist standortbezogen nachzuweisen, dass dabei die Anforderungen gem. § 5 Abs. 3 der BBodSchV an Sicherungsmaßnahmen erfüllt werden.

Die in Kapitel 3 dieses Leitfadens genannten Anforderungen an das Aufbringen von Materialien auf ehemalige Rieselfelder sind einzuhalten.

Grundsätzlich ist auf ehemaligen Rieselflächen dafür zu sorgen, dass möglichst eine geschlossene Vegetationsdecke erhalten bleibt oder hergestellt wird (Tab. 9). Bei Versiegelung von Teilflächen ehemaliger Rieselfelder ist sicherzustellen, dass auf diesen Flächen anfallendes Wasser dem Grundwasserkörper wieder zugeführt wird (LUA 1997a).

Im Ergebnis der Sanierung von ehemaligen Rieselfeldern sind die im genehmigten Sanierungsplan ausgewiesenen Maßnahmen zur Nachsorge zu realisieren.

#### **4.4.2 Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen**

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen auf ehemaligen Rieselfeldern gem. § 2 (8) BBodSchG sind Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern, insbesondere Nutzungsbeschränkungen.

Gem. § 5 (5) BBodSchV bedeutet dies bei ehemaligen Rieselfeldern vor allem Anpassungen der Nutzung und der Bewirtschaftung der Rieselfeldböden. Derartige Maßnahmen müssen mögliche Gefahren, die von stillgelegten Rieselfeldern ausgehen können, für die Pfade Boden - Mensch, Boden - Pflanze - (Tier) und Boden - (Sickerwasser) - Grundwasser - (Oberflächenwasser) wirksam einschränken.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen auf ehemaligen Rieselfeldflächen können deshalb so-



wohl Einschränkungen bei sensiblen Nachnutzungen ebenso wie Beschränkungen beim Anbau von Nutzpflanzen beinhalten. Sie sind gleichzeitig auf die Verminderung der Mobilisierung von Schadstoffen, insbesondere von Schwermetallen, durch die Aufrechterhaltung hoher Humusgehalte im Oberboden und die Verhinderung von pH - Wertabsenkungen auszurichten.

In Tab. 9 sind mögliche Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zusammengestellt, deren Anwendung im Ergebnis der Gefährdungsabschätzung an den jeweiligen Rieselfeld - Standort angepasst werden muß.

**Tab 9:** Mögliche Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr auf ehemaligen Rieselfeldern

Maßnahme	Wirkung	Betroffene Pfade/Schutzgüter
Zutrittsbeschränkungen	Verhindern eines Direktkontakts mit dem Rieselfeldboden	Boden-Mensch
Einstellung des Anbaus von Fruchtarten, die direkt der menschlichen Ernährung dienen (Gemüse, bodennahes Obst ...)	Verhindern des Schadstoff - Transfers in vom Menschen verzehrbare Pflanzenorgane	Boden-Pflanze-(Mensch)
Belastungsabhängiger Pflanzenbau (ggf. Anbau von Rohstoff-/Energiepflanzen)	Reduzierung/Unterbinden der Schadstoffeinträge in Nahrungs- und Futterpflanzen	Boden-Pflanze-(Tier)
Reduzierung der Belastung von Grobfutter mit Schmutz von Rieselfeldern	Reduzierung der Schadstoffaufnahme durch Nutztiere	Boden-Pflanze-(Tier)
kontrollierte Verwendung von geschlachteten Nutz- und Wildtieren (z.B. Ausschluss des Verzehrs von Nieren ...)	Reduzierung der Schwermetallaufnahme bei der menschlichen Ernährung	Boden-Pflanze-(Tier)-(Mensch)
Unterlassen des Umbrechens oder Einebnens der Rieselfeldstrukturen	Verminderung Humusabbau Verhinderung von unkontrollierten Schadstoffverteilungen	Boden-Grundwasser <sup>1)</sup>
Unterlassung Grünlandumbruch	Verminderung Humusabbau (keine Mobilisierung)	Boden-Grundwasser
Einstellung der Bodenbearbeitung bzw. nur Minimalbodenbearbeitung	Verminderung Humusabbau	Boden-Grundwasser
Schaffung oder Erhalt einer ganzjährigen-Vegetationsbedeckung	Reduzierung Sickerwasserbildung	Boden-Grundwasser
	Verminderung Humusabbau	Boden-Grundwasser
	Verminderung Winderosion	Boden-Mensch
	Verminderung Wassererosion	Boden-Grundwasser
Belassen der pflanzlichen Biomasse auf dem Rieselfeld	Verminderung Humusabbau	Boden-Grundwasser
Kalkung (Meliorations- bzw. Erhaltungskalkung)	Reduzierung Bodenversauerung	Boden-Grundwasser Boden-Pflanze
Anbau von Laubbölgern	Reduzierung Bodenversauerung	Boden-Grundwasser
Einbringung von Sorptionsträgern (Ton, Lehm) in Rieselfeldböden	Verringerung Schadstoffmobilität	Boden - Grundwasser Boden-Pflanze

<sup>1)</sup> nachfolgend immer Wirkungspfad: Boden – (Sickerwasser) – Grundwasser – (Oberflächenwasser)

Darauf hinzuweisen ist, dass die Feuchthaltung von stillgelegten Rieselfeldern keine geeignete Maßnahme zur Gefahrenabwehr darstellt. Im Ergebnis der Untersuchungen von ehemaligen Rieselfeldern im Süden Berlins hat sich deren Nutzung zur weiteren Reinigung von Kläranlagenabläufen im Sinne einer „vierten Reinigungsstufe“ als nicht sinnvoll herausgestellt, da mit dem gereinigten Abwasser noch große Stofffrachten eingetragen werden, und die Gefahr einer Freisetzung von Bodenphosphaten besteht, die einen erhöhten Phosphateintrag über Dränagen in die Oberflächengewässer bewirken (LUA 1997a).

#### **4.5 Überwachungsmaßnahmen**

Die Überwachung von ehemaligen Riesefeldern im Sinne von §15 BBodSchG obliegt der zuständigen unteren Bodenschutzbehörde. Diese kann auch die Überwachung von Eigenkontrollmaßnahmen gem. § 15 (2) BBodSchG anordnen.

Ziel der Überwachung von ehemaligen Riesefeldern ist es vor allem, durch geeignete Boden- und Wasseruntersuchungen, z.B. im Rahmen von Monitoring - Programmen, die Entwicklung des von den Riesefeldern ausgehenden Gefahrenpotentials zu verfolgen, um bei Notwendigkeit rechtzeitig weitere Maßnahmen zur Gefahrenabwehr festzulegen.

Eine Überwachung von ehemaligen Riesefeldern ist dann notwendig, wenn im Ergebnis der orientierenden Untersuchung und/oder Detailuntersuchung kurzfristig Sanierungsmaßnahmen für nicht erforderlich erachtet, mittel- bzw. langfristig aber nicht ausgeschlossen werden.

Überwachungsmaßnahmen auf ehemaligen Riesefeldern sind deshalb von besonderer Bedeutung, da nach Einstellung der Abwasserbeaufschlagung kurz- und längerfristig gravierende Veränderungen im Boden und Wasserhaushalt eintreten können, die u.a. eine verstärkte Mobilisierung von Schadstoffen bedingen.

Ein beispielhaftes Überwachungsprogramm für stillgelegte Riesefeld - Standorte (Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser) wurde im Rahmen des Projektes „Riesfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer“ erarbeitet (LUA 1997a). Dieses Programm kann als Orientierung für Art und Umfang von Überwachungsmaßnahmen speziell für das Grundwasser unter ehemaligen Riesefeldern im Land Brandenburg dienen.

Unter Nutzung von vorhandenen Grundwassermessstellen an den Riesefeldern und in deren unmittelbarer Umgebung, auch von Messstellen des Grundwasserstandsmessnetzes des Landesumweltamtes Brandenburg, sollte mindestens einmal jährlich der 1. Grundwasserleiter auf die Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Phosphat, Chlorid, Sulfat, Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink und AOX untersucht werden.

## **5 Maßnahmen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen**

Wird im Ergebnis der Altlastenuntersuchung und Gefährdungsabschätzung durch die zuständige untere Bodenschutzbehörde festgestellt, dass Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auf den untersuchten stillgelegten Riesefeldern oder auf Teilflächen dieser nicht erforderlich sind, kann sich u.U. zur Bodenverbesserung i.S. der Wiederherstellung von Bodenfunktionen das Auf- oder Einbringen von geeignetem Bodenmaterial als sinnvoll erweisen.

Die Grundsätze, die beim Auf- und Einbringen von Bodenmaterial auf ehemalige Rieselfelder im Land Brandenburg zwingend zu beachten sind (vgl. auch Kap. 3) lassen sich wie folgt zusammenfassen (DINKELBERG & RITSCHER 2001):

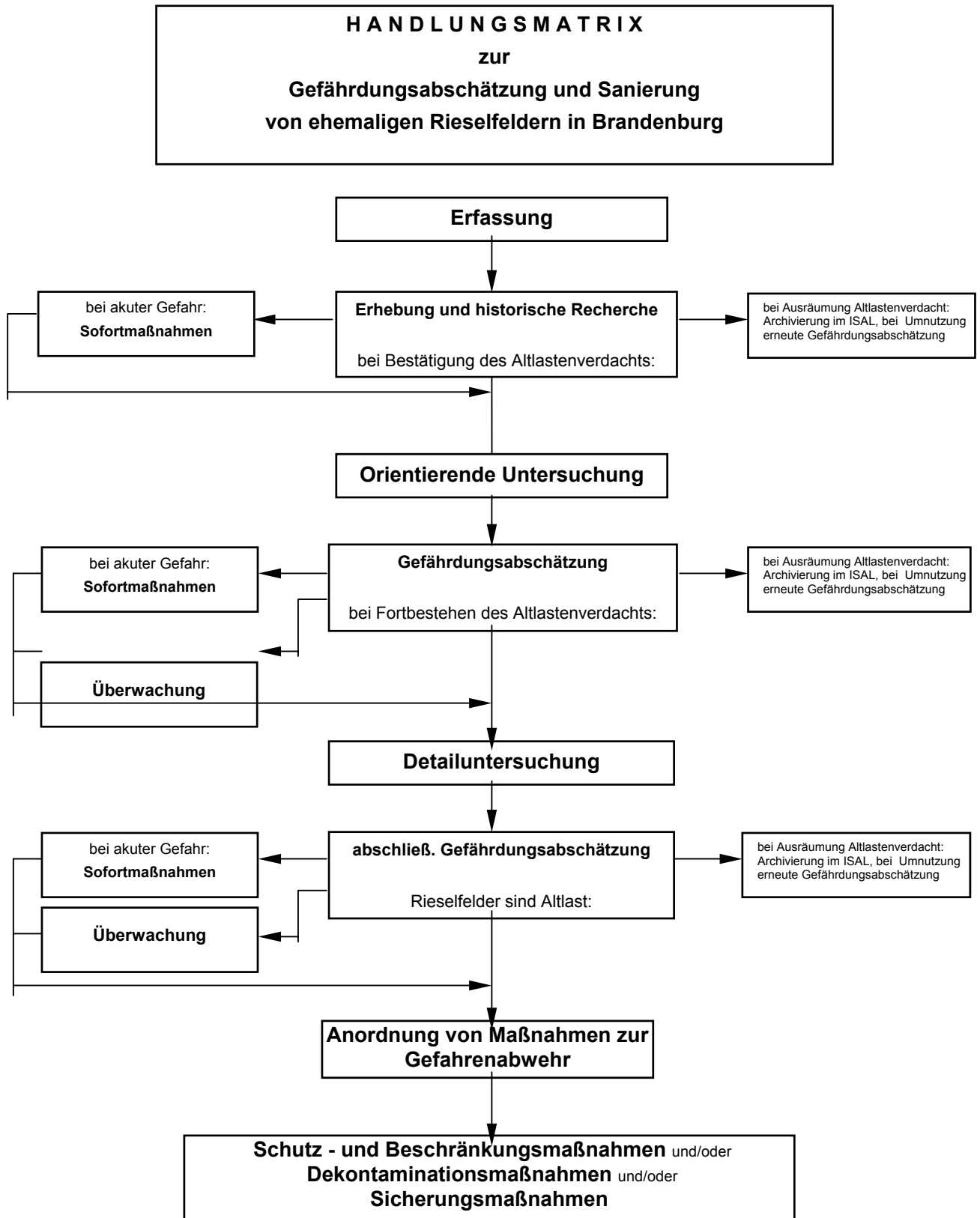
Einhaltung der Vorsorgeanforderungen (gem. Bodenschutzrecht, insbes. § 12 BBodSchV i.V. mit der Vollzugshilfe zum § 12 BBodSchV) bezüglich des einzusetzenden Bodenmaterials (Art und Menge sowie Qualität, wie physikalische Eigenschaften und stoffliche Belastungen, i.d.R. Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV bzw. der Z0 - Werte der Technischen Regeln der LAGA), insbesondere:

- nachhaltige Sicherung oder Wiederherstellung mindestens einer Funktion der Rieselfeldböden (z.B. Wiederherstellung und Sicherung von natürlichen Funktionen des Bodens als Filter- oder Puffermedium durch Erhöhung der Wasser- sowie Sorptionskapazität oder von Nutzungsfunktionen, keine Beeinträchtigung anderer Bodenfunktionen, Strukturverbesserung des Rieselfeldbodens und bedarfsgrechte Nährstoffzufuhr),
- Berücksichtigung der Schadstoffbelastung des auf- und einzubringenden Bodenmaterials und des Rieselfeldbodens durch entsprechende Untersuchungen,
- Berücksichtigung der Nährstoffzufuhr durch das auf- und einzubringende Bodenmaterial,
- Vermeidung nachteiliger Veränderungen der Rieselfeldböden, (z.B. Verdichtungen, Vernässungen)

- Auf- und Einbringverbot von Bodenmaterial an Rieselfeldstandorten in bestimmten Schutzgebieten

Des Weiteren sind beim Aufbringen von Materialien auf stillgelegte Rieselfelder, die zum Anbau von Nutzpflanzen (Nahrungs- und Futterpflanzen) genutzt werden, die „Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden“ des Umweltbundesamtes (BANNICK et.al. 2001) zu berücksichtigen.

6 Handlungsmatrix



7 Verzeichnis der Abkürzungen

AbfBodZV	-	Abfall- und Bodenschutz-Zuständigkeitsverordnung
Abs.	-	Absatz
AdL	-	Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
ALA	-	Ständiger Ausschuss „Altlasten“ der Bund-/Länder-AG Boden
AOX	-	adsorbierbare organische Halogene
ATV	-	Abwassertechnische Vereinigung
BAM	-	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BbgAbfG	-	Brandenburgisches Abfallgesetz
BbgBO	-	Brandenburgische Bauordnung
BbgLPIG	-	Brandenburgisches Landesplanungsgesetz
BbgNatSchG	-	Brandenburgisches Naturschutzgesetz
BbgWVG	-	Brandenburgisches Wassergesetz
BBodSchG	-	Bundes - Bodenschutzgesetz
BBodSchV	-	Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BSB <sub>5</sub>	-	Biologischer Sauerstoffbedarf
BTEX	-	Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe
BvS	-	Bundesanstalt für vereinigungsbedingtes Sondervermögen
cm	-	Zentimeter
CSB	-	Chemischer Sauerstoffbedarf
d	-	Tag
DDR	-	Deutsche Demokratische Republik
DDT	-	1,1,1-Trichlor-2,2-bis(chlorphenyl)-ethan
DL	-	Doppellaktat
DOC	-	gelöster organischer Kohlenstoff
EOX	-	extrahierbare organische Halogene
FS	-	Frischsubstanz
GWL	-	Grundwasserleiter
ha	-	Hektar
FIS AL	-	Fachinformationssystem Altlasten Brandenburg
kg	-	Kilogramm
km	-	Kilometer
KrW-/AbfG	-	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
l	-	Liter
LABO	-	Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Boden
LAGA	-	Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAS	-	lineares Alkylbenzolsulfonat
LAWA	-	Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LHKW	-	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
LUA	-	Landesumweltamt Brandenburg
LUFA	-	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
m	-	Meter
m <sup>2</sup>	-	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	-	Kubikmeter
mg	-	Milligramm
MKW	-	Mineralölkohlenwasserstoffe
MLUR	-	Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz u. Raumordnung Brandenburg
mm	-	Millimeter
MNUR	-	Ministerium für Naturschutz, Umwelt und Raumordnung Brandenburg
MSWV	-	Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr Brandenburg
N	-	Stickstoff
n	-	Anzahl
OBS	-	organische Substanz im Boden
PAK	-	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	-	Polychlorierte biphenyle
PCDD / F	-	Dioxine/Furane
s	-	Sekunde
t	-	Tonnen
TGL	-	Fachbereichsstandard der DDR
TLG	-	Treuhand - Liegenschaftsgesellschaft mbH
TÖB	-	Träger öffentlicher Belange
TS	-	Trockensubstanz
UBA	-	Umweltbundesamt Berlin

## **8 Verwendete Quellen und Unterlagen**

- AbfBodZV (2000): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung zur Regelung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Abfall- und Bodenschutzes (Abfall- und Bodenschutz-Zuständigkeitsverordnung - AbfBodZV) vom 6. November 2000. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil II: 387-409.
- ALA (2001): Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung. Ständiger Ausschuß „Altlasten“ (ALA) der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Stand: September 2001.
- ATV (1997): Biologische und weitergehende Abwasserreinigung. ATV - Handbuch. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH: Berlin, 4. Aufl.
- BANNICK, C.G., ELKE BIEBER, H. BÖKEN et.al. (2001): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden. Umweltbundesamt Berlin, UBA - Texte 59/01.
- BANNERT, M., W. BERGER, HILDEGARD FISCHER, D. HORCHLER, K. KEESE, PETRA LEHNIK-HABRINK, D.LÜCK, J. PRITZKOW, T. WIN (2001): Anforderungen an Probenahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften. Amts- und Mitteilungsblatt, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Sonderheft 2/2001, 42 S.
- BbgAbfG (1997): Brandenburgisches Abfallgesetz (BbgAbfG) vom 06. Juni 1997. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil I: 40-52.
- BbgBO (1998): Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) vom 25. März 1998. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil I: 82-96.
- BbgLPIG (1995): Landesplanungsgesetz und Vorschaltgesetz zum Landesentwicklungsprogramm für das Land Brandenburg (Brandenburgisches Landesplanungsgesetz - BbgLPIG) vom 20. Juli 1995. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil I: 210-235.
- BbgNatSchG (1992): Brandenburgisches Naturschutzgesetz. Gesetz über den Naturschutz und die Landespflege im Land Brandenburg (BbgNatSchG) vom 25. Juni 1992. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil I:208-222.
- BbgWG (1994): Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 13. Juli 1994. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg, Teil I: 302-321.
- BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes - Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998. Bundesgesetzblatt, Teil I: 502-510.
- BBodSchV (1999): Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. Bundesgesetzblatt, Teil I:1554-1582.
- BJARSCH, B.(1997): 125 Jahre Berliner Rieselfeld - Geschichte. Wasser & Boden. 49 (3): 45-48.
- BLUMENSTEIN, O. (1995): Anorganische Schadstoffe - Zustand und Dynamik. Studien und Tagungsberichte, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, 9: 19-26.
- BLUMENSTEIN, O, FRANKA FISCHER & R. SCHUBERT (1997): Bodenveränderungen durch die Verrieselung von Abwasser. Petermanns Geogr. Mitt., 141:323-342.
- BÖKEN, H. & C. HOFFMANN (2001): Rieselfelder im Norden Berlins - Projekt zur Sicherung und Sanierung flachgründig schwermetallbelasteter Böden. www.berliner-rieselfelder.de
- DINKELBERG, W. & J. RITSCHEL (2001): Anforderungen beim Auf- und Einbringen von Materialien auf und in Böden - Fallbeispiel Rieselfelder. Berichte aus der Arbeit 2000, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, 157-161.
- FURRER, G., BARBARA LOTHENBACH & R. SCHULIN (1997): Naturnahe Bindemittel für die Immobilisierung von Schwermetallen in belasteten Kulturböden. TerraTech, 2: 43 - 44.
- GRÜN, M., B. MACHELETT, HELLA KRONEMANN, W. PODLESAK, R. METZ, MARIE-LUISE MARTIN & J. SCHNEIDER (1989): Kontrollierte landwirtschaftliche Nutzung ausgewählter schwermetallbelasteter Gebiete. Forschungs- und Entwicklungsbericht, Institut für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena & AdL der DDR, Jena & Berlin, (unveröffentlicht).
- GRÜN, M., B. MACHELETT, R. METZ, HELLA KRONEMANN, W. PODLESAK & J. SCHNEIDER (1990): Cadmiumbelastung von Boden und Pflanze im Gebiet der Rieselfelder südlich Berlins. VDLUFA - Schriftenreihe, Kongreßband 1990, 32: 763-768.
- GRUNEWALD,K, H. BUKOWSKY & W. SCHADE (1996): Schwermetalle und deren Bindung in Böden und Substraten des Rieselfeldgebietes südlich Berlin. Archiv Acker- Pflanzenbau und Bodenkunde. 40: 49-56.
- GUPTA, S., R. KREBS & KATHRIN WENGER (1997): Feldtaugliche Ansätze zur Sanierung schwermetallbelasteter Böden. TerraTech, 2: 45-47.
- HOFFMANN, C. (2001): Die ehemaligen Rieselfelder Berlin-Buch - Untersuchungen zu Schwermetallmobilität, -transport und Risikopotentialen. Technische Universität Berlin, Fakultät Architektur, Umwelt, Gesellschaft, Dissertation, 178 S.

- HOFFMANN, C., H. BÖKEN, R. METZ, & M. RENGER (2000): Verwendung von Geschiebemergel - Aushub zur Sicherung schwermetallbelasteter, großflächiger Altlastenstandorte. Studien und Tagungsberichte, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, 24: 45-50.
- ISAL (1997): ISAL - Informationssystem Altlasten. Version Brandenburg. Stand: 03/97. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- KrW-/AbfG (1994): Gesetz- zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) vom 27. September 1994. Bundesgesetzblatt, Teil I: 2705-2728
- LAWA (1998/2000): Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung. LAWA Ad-hoc-Arbeitskreis Prüfwerte, 21.12.1998, in Verbindung mit Beschluß der 114. LAWA-Sitzung zu TOP 4.1 vom 17./18.02.2000.
- LUA (1995): Rieselfelder Brandenburg - Berlin. Studien- und Tagungsberichte, Landesumweltamt Berlin, Potsdam, Band 9.
- LUA (ab 1997): Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, Stand: November 2001.
- LUA (1997a): Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer - Gemeinsamer Abschlußbericht 1996. Studien und Tagungsberichte, Landesumweltamt Berlin, Potsdam. Band 13/14.
- LUA (1997b): Empfehlungen des Wissenschaftlich-technischen Beirates Rieselfelder (WTB) beim Landesumweltamt Brandenburg zur Rieselfeldnachnutzung im Umland von Berlin. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam, Stand: 4. Dezember 1995, 31 S.
- LUFA (2001): Gehaltsklasseneinteilung für die Beurteilung des Reaktionszustandes und der Nährstoffversorgung von Böden. LUFA Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Potsdam.
- MARSCHNER, B., U. HENKE & G. WESSOLEK (1995): Effects of meliorative additives on the adsorption and binding forms of heavy metals in a contaminated topsoil from a former sewage farm. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd., 162: 281-286.
- METZ, R., H. BÖKEN, & C. HOFFMANN (2000): Schwermetalle in der Nahrungskette, im Pfad Boden-Pflanze-Tier-Mensch. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 711-718.
- METZ, R., H. BÖKEN, S. PIEPER, C. HOFFMANN (2001): Chemische und biologische Aspekte der Schadstoffimmobilisierung mit Bodenaushub auf ehemaligen Rieselfeldern in Berlin. Mitt. Deut. Bodenkundl. Ges. 95: 229-232.
- MLUR (2000a): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen. Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Potsdam, 11. Mai 2000.
- MLUR (2000b): Aufforstung von Rieselfeldern. Anforderungen aus der Sicht des Bodenschutzes. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Potsdam, 26. Oktober 2000.
- MLUR (2001): Ein- und Aufbringen von Materialien. Gemeinsame Information des MLUR und MSWV. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Potsdam, 28. März 2001.
- MUNR (1998): Handbuch zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam.
- RITSCHHEL, J. & W. KRATZ (2000): Konzept zu einer umweltverträglichen Nachnutzung von Rieselfeldern. Wasser & Boden, 52 (9): 29-32.
- SCHENK, R.(1995): Zum aktuellen Stand der bodenkundlichen und hydrogeologischen Untersuchungen im Forschungsprojekt „Rieselfelder südlich Berlins“. Berichte aus der Arbeit 1994, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam. 171-176.
- SCHENK, R.(1997): Die Rieselfelder südlich Berlins - Methodik, und Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojektes. Berichte aus der Arbeit 1996, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam. 44-49.
- SCHWARZ, K. (1960): Entwicklung, Stand und Verbesserungsmöglichkeiten der Abwasserbehandlung in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der weiträumigen Verwertungsanlagen. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Wissenschaftliche Abhandlung, Nr.45.
- SOWA, E., NESTLER, W., LEIBENATH, C. & W.UHLMANN (1992): Schutzgutbezogene Folgenutzung von Rieselfeldern. Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag: Berlin, 7150: 1 - 38.
- TGL (1984). Fachbereichsstandard Abwasser: Begriffe der Wasserwirtschaft, biologische Abwasserreinigung. TGL 55032/04 vom 10.01.1984.
- TrinkwV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001. Bundesgesetzblatt, Teil I, 24: 959 -
- TRÖGER, U. & M. ASBRAND (1995): Belastung des Grundwassers durch Schadstoffverlagerung im Verbreitungsgebiet der Rieselfelder südlich Berlins. Studien und Tagungsberichte, Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.9: 43-55.
- UMWELTATLAS (2000): Digitaler Umweltatlas Berlin. 01.10 Rieselfelder. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Stand: Mai 2000. [www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/)
- VERORDNUNG (2001a): Verordnung (EG) Nr. 466/2001 der Kommission zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln vom 08. März 2001. Amtsblatt der EG Nr.L 77/1.

VERORDNUNG (2001b): Futtermittelverordnung vom 23. November 2000, geändert am 12. März 2001.  
Bundesgesetzblatt, Teil I, 431-454.