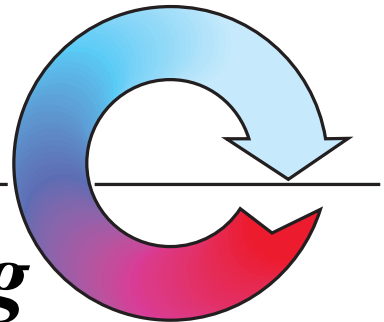


Materialien

*zur Altlastensanierung
und zum Bodenschutz*



*Vollzugshilfe zur Gefährdungsabschätzung
„Boden-Grundwasser“*

Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz
Band 17

**Vollzugshilfe zur
Gefährdungsabschätzung "Boden-Grundwasser"**

Hinweise zur Untersuchung und Bewertung von
Grundwassergefährdungen durch Altlasten
nach Bodenschutzrecht

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Essen, 2003
2. Auflage

Die Vollzugshilfe wurde von einer Arbeitsgruppe erarbeitet, der folgende Mitglieder angehörten:

Wolf-Dietrich Bertges	Landesumweltamt NRW
Jürgen Burgardt	Bergamt Gelsenkirchen
Dr. Lutz Decking	Stadt Dortmund
Dr. Klaus-Peter Fehlau	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW
Dr. Wolfgang Leuchs	Landesumweltamt NRW
Dr. Thomas Mathews	ECOS Umwelt GmbH
Dr. Barbara-M. Mies	Landesumweltamt NRW (Vorsitz)
Dr. Ingrid Obernosterer	Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann
Dr. Sibylle Pawlowski	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW
Christoph Rapp	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW
Gottfried Schellartz	Stadt Düsseldorf
Stefan Schroers	Landesumweltamt NRW
Birgit Wiele-Dixkens	Bezirksregierung Düsseldorf

Die Erstellung wurde von der Arbeitsgemeinschaft Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann, Bornheim / ECOS Umwelt GmbH, Aachen unterstützt.

Impressum

Herausgeber:	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) Wallneyer Straße 6 • 45133 Essen • Telefon (0201) 7995-0 • Telefax (0201) 7995-1448 E-mail: poststelle@essen.lua.nrw.de
Erscheinungsort/-datum:	Essen
Projektleitung und Gesamtredaktion:	Dr. Barbara-M. Mies Landesumweltamt NRW
Schriftenvertrieb:	Gemeinnützige Werkstätten Neuss, Am Krausenbaum 11, 41464 Neuss, Telefax (0 21 31) 4 28 60
Umschlaggestaltung:	Werbeagentur Scharke, Düsseldorf
Druck:	
ISSN:	1432-3575, 2. Auflage
Informationsdienste des LUA NRW:	Umweltdaten aus NRW, Fachinformationen: • Internet unter http://www.lua.nrw.de • WDR-Videotext, 3. Fernsehprogramm, Tafeln 167-169

Gedruckt auf 100% Altpapier ohne Chlorbleiche

Vorwort

Nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) ist eine "Sickerwasserprognose" zu erstellen, wenn Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass von einer altlastverdächtigen Fläche oder einer Verdachtsfläche Gefahren für das Grundwasser ausgehen. Die bisherige Praxis zeigt, dass die Regelungen der BBodSchV für den Wirkungspfad "Boden-Grundwasser" konkretisiert werden müssen, um deren Anwendung zu erleichtern und zu vereinheitlichen.

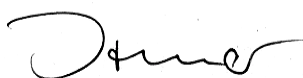
Auf die Forderungen nach Konkretisierung hat der Bund als Verordnungsgeber mit der Einrichtung eines Förderschwerpunktes "Sickerwasserprognose" durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung reagiert. Durch eine Reihe von Projekten sollen u.a. praxistaugliche Verfahren zur Ermittlung von Quellstärken und zur Erstellung von Transportprognosen entwickelt werden. Die ersten Projekte haben 2002 begonnen; abschließende Ergebnisse sind aber frühestens in 2-3 Jahren und wohl nur für einen Teil der offenen methodischen Fragen zu erwarten.

Auch die Arbeiten des Altlastenausschusses der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz an näheren Hinweisen zur BBodSchV werden erst in einiger Zeit abgeschlossen werden können. Für Nordrhein-Westfalen war es deshalb erforderlich, zeitnah eine Handreichung für die Untersuchung und Bewertung von Grundwassergefährdungen durch Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen bereitzustellen.

Das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW hat daher das Landesumweltamt NRW beauftragt, eine Vollzugshilfe zu diesem Fragenkreis zu erarbeiten. Dazu wurde unter Federführung des Amtes ein begleitender Arbeitskreis eingerichtet, in dem das Ministerium, Bezirksregierungen, Bergämter und Kreisordnungsbehörden vertreten waren. Die Arbeiten wurden zudem durch zwei externe Fachbüros unterstützt.

Die mit dieser Schrift vorgelegte Vollzugshilfe beschreibt keine Standardvorgehensweise, weil eine sachgerechte Gefährdungsabschätzung stets auf den Einzelfall abzustellen ist. Neben rechtlichen und fachlichen Erläuterungen zu wiederkehrenden Fragen werden vor allem Verfahrensweisen und Methoden vorgestellt und in ihren Einsatzmöglichkeiten charakterisiert, die gegenwärtig für die erforderlichen Untersuchungen und Prognoseschritte zur Verfügung stehen. Es bleibt Aufgabe des Bearbeiters, im Einzelfall das für den jeweiligen Untersuchungs- und Prognoseschritt richtige Werkzeug auszuwählen, die Ergebnisse sachkundig zu interpretieren und damit die Grundlage für behördliche Entscheidungen zu schaffen.

Nach einer ersten Erprobungsphase und bei Vorliegen neuer Erkenntnisse oder Regelungen soll die Vollzugshilfe aktualisiert werden. Gegenüber der ersten im August 2002 im Internet bereit gestellten Fassung sind einige redaktionelle Änderungen bereits erfolgt.



Dr.-Ing. Harald Irmer
Präsident des Landesumweltamtes NRW

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Rechtsregelungen zur Grundwassergefährdung durch Altlasten	5
2.1	Ermächtigungsgrundlage und materiell-rechtliche Anforderungen.....	5
2.1.1	Ermächtigungsgrundlage für Maßnahmen.....	5
2.1.2	Materiell-rechtliche Vorgaben des Bodenschutzrechts	8
2.1.2.1	Maßgaben für die Untersuchung und Bewertung	8
2.1.2.2	Ort der Beurteilung.....	9
2.1.2.3	Anforderungen bei fehlenden Vorschriften der BBodSchV ..	11
2.1.3	Materiell-rechtliche Vorgaben des Wasserrechts.....	13
2.2	Rechtliche Aspekte der Sickerwasserprognose nach BBodSchV	14
3	Schadstoffeinträge in das Grundwasser	19
3.1	Allgemeines	19
3.1.1	Untersuchungsanlass und -reichweite	19
3.1.2	Eintragsprognose	21
3.1.2.1	Verfahrensübersicht	22
3.1.2.2	Bewertungsansätze	25
3.2	Untersuchungsmethoden	26
3.2.1	Beprobung des Sickerwassers "am Ort der Beurteilung" und des Kontaktgrundwassers.....	29
3.2.2	Materialuntersuchungen.....	30
3.2.3	In-situ-Untersuchungen	31
3.2.4	Grundwasseruntersuchungen	32
3.3	Kriterien zur Methodenauswahl	32
3.4	Fachliche Beurteilung der Analysenergebnisse.....	36
3.4.1	Beprobung des Sickerwassers "am Ort der Beurteilung" und des Kontaktgrundwassers.....	36
3.4.2	In-situ- und Materialuntersuchungen	36
3.4.2.1	Realitätsnahe Methoden	37
3.4.2.2	Sonstige Methoden	38
3.4.3	Grundwasseruntersuchungen	41
3.5	Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser nach Konzentrationen	42
3.5.1	Abschätzung von Stoffeinträgen, die nicht mit dem Sickerwasser erfolgen	42
3.5.2	Abschätzung von Stoffeinträgen anhand von In-situ- oder Materialuntersuchungen.....	43
3.5.2.1	Verbal-argumentative Abschätzung	43
3.5.2.2	Abschätzung mit mathematischen Methoden.....	48
3.5.3	Rückschluss oder Rückrechnung aus Grundwasseruntersuchungen	51
3.6	Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser nach Frachten.....	53
3.6.1	Abschätzung der Sickerwasserfracht	53
3.6.2	Abschätzung der Grundwasserfracht	54
3.7	Prognose der zukünftigen Eintragsentwicklung	56

4	Bereits eingetretene Verunreinigungen des Grundwassers	59
4.1	Grundlagen zur Untersuchung und Beurteilung	59
4.1.1	Grundlagenermittlung	59
4.1.2	Ausbreitungsverhalten von Schadstoffen im Grundwasser	60
4.1.3	Lage und Anzahl einzurichtender Grundwassermessstellen	64
4.1.4	Ausbau der Grundwassermessstellen	65
4.1.5	Hinweise zur Entnahme von Grundwasserproben, Probenbehandlung, Analytik und Qualitätssicherung	66
4.1.6	Beprobungsumfang	67
4.1.7	Beurteilung der Untersuchungsbefunde	68
4.2	Prognose der zukünftigen Ausbreitungsentwicklung	70
4.2.1	Verbal-argumentative Abschätzung	70
4.2.2	Abschätzung mit mathematischen Methoden	71
5	Vollzugsfragen bei der Untersuchung und Bewertung	73
5.1	Allgemeine Regelungen des Bodenschutzrechts über Planung und Umfang von Untersuchungen	73
5.2	Umfang von orientierenden Untersuchungen	76
5.2.1	Untersuchungszweck	76
5.2.2	Spezielle Regelungen über orientierende Untersuchungen	78
5.2.3	Orientierende Untersuchung - Eintragsprognose	79
5.2.3.1	Auswahl von Verfahrensweisen und Untersuchungsmethoden	80
5.2.3.2	Probennahmestellen	83
5.2.4	Orientierende Untersuchung - Grundwasser	85
5.3	Umfang von Detailuntersuchungen	85
5.3.1	Spezielle Regelungen im Bodenschutzrecht	85
5.3.2	Detailuntersuchung - Eintragsprognose	87
5.3.3	Detailuntersuchung - Grundwasser	89
5.4	Festlegung des Maßnahmenziels und Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Anordnungen	90
5.4.1	Festlegung von Untersuchungszielen	90
5.4.2	Festlegung von Sanierungszielen	91
5.4.3	Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen	92
	Zusammenfassung	97
	Literatur	107
	Kartenwerke und Bezugsquellen	110
	Internetadressen zu Numerischen Modellen (Auswahl; Stand: Januar 2003)	111
	Glossar	113
	Stichwortverzeichnis	117

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1	Untersuchungsmethoden
Anhang 2	Orientierungswerte
Anhang 3	Berechnungen
Anhang 4	Gesetz zum Schutz des Bodens
Anhang 5	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

1 Einführung

Die in der **Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)**¹ enthaltenen speziellen Regelungen über den **Wirkungspfad Boden - Grundwasser** ziehen bei der Anwendung in konkreten Fällen zahlreiche Fragen nach sich. Die vorliegende Vollzugshilfe greift diese Fragen auf und gibt dazu nähere rechtliche und fachliche Hinweise.

Die Vollzugshilfe erläutert und konkretisiert jedoch nicht nur die Vorschriften der BBodSchV zum Wirkungspfad Boden - Grundwasser. Letztere regeln im Wesentlichen die in der Verordnung näher bestimmte **Sickerwasserprognose** und erstrecken sich - anders als das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)² - nur auf die **ungesättigte Bodenzone** als (potenzielle) Schadstoffquelle, auf das Transportmedium **Sickerwasser** und auf den Weg bis zum **Übergang** des Sickerwassers **in das Grundwasser**. In der Vollzugshilfe werden daneben auch die weiteren Fragestellungen behandelt, die sich bezüglich des **Schutzgutes Grundwasser** bei der **Untersuchung** von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten sowie bei der anschließenden **Bewertung** ergeben können.

Über den Anwendungsbereich "Altlasten" hinaus kann die Vollzugshilfe auch für die Untersuchung und Bewertung von **schädlichen Bodenveränderungen** und **Verdachtsflächen** i.S.v. § 2 Abs. 3 und 4 BBodSchG herangezogen werden, wenn diese - wie i.d.R. bei Grundstücken **betriebener Anlagen** - in ihrer Fallgestaltung Altlasten bzw. altlastverdächtigen Flächen entsprechen. Aus Gründen der Lesbarkeit wird jedoch in dieser Schrift darauf verzichtet, durchgehend die vollständige Aufzählung "Verdachtsflächen, schädliche Bodenveränderungen, altlastverdächtige Flächen und Altlasten" zu verwenden. Die Problematik flächenhafter Belastungen, z.B. von landwirtschaftlichen Flächen oder versauerten Waldböden, wird nicht behandelt.

Rechtliche Aspekte der Untersuchung und Bewertung von altlastbedingten Einwirkungen auf das Grundwasser sind Gegenstand des nachfolgenden **Kapitels 2**. Dort wird vor allem auch klargestellt, dass sich die in § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes normierte Sanierungspflicht uneingeschränkt auf alle Gefahren und Schäden erstreckt, die von einer Altlast hervorgerufen werden. Dieser Kernvorschrift entsprechend sind auch die Regelungen über die Gefährdungsabschätzung in § 9 BBodSchG nicht auf bestimmte Gefahren und Wirkungspfade eingegrenzt.

¹ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554)

² Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502)

Für den Themenkreis dieser Vollzugshilfe folgt daraus, dass je nach Anhaltspunkten im Einzelfall **alle Formen und Pfade des Schadstoffeintrags in das Grundwasser** und auch die **Grundwasserbeschaffenheit** im Einwirkungsbereich von altlastverdächtigen Flächen als Gegenstände der Untersuchung und Bewertung in Betracht kommen:

- In der Vollzugshilfe werden dementsprechend sämtliche Eintragsmöglichkeiten aus dem (Abfall-)Bodenkörper von altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser betrachtet. Der dabei verwendete Begriff **Eintragsprognose** (vgl. Kap. 3) soll verdeutlichen, dass bei Entscheidungen über Art und Umfang von Untersuchungen nicht nur Schadstoffeinträge über das Sickerwasser, sondern auch die darüber hinaus denkbaren Einträge in Betracht gezogen werden müssen. Die **Sickerwasserprognose** i.S.d. BBodSchV ist systematisch gesehen ein **Unterfall** der Eintragsprognose. Angesichts ihrer praktischen Bedeutung und der erläuterungsbedürftigen Regelungen in der BBodSchV räumt die Vollzugshilfe der Sickerwasserprognose gleichwohl breiten Raum ein. (Zu der Eignung einzelner Untersuchungsmethoden siehe vor allem **Kapitel 3** und **Anhang 1**.)

Die Vollzugshilfe geht, u.a. wegen bestimmter Abgrenzungsfragen zwischen Bodenschutzrecht und Wasserrecht, auch auf **alle Fallgestaltungen** von altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten ein, wie sie nach der Lage zum Grundwasser unterschieden werden können, d.h. auf Altablagerungen oder (potenziell) belastete Bodenkörper von Altstandorten, die sich ausschließlich **innerhalb der ungesättigten Bodenzone** befinden, und auf solche, die **teilweise oder vollständig in der gesättigten Bodenzone** gelegen sind.

- Gegenstand der Vollzugshilfe sind wegen des Sachzusammenhangs und der Reichweite des BBodSchG auch **Grundwasseruntersuchungen** im Einwirkungsbereich von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten (s. **Kap. 4**). Hier kann die Darstellung aber eher kursorisch bleiben, weil in der Praxis weitgehend auf bewährte Methoden und vorhandene technische Regelwerke zurückgegriffen werden kann.

Neben methodischen Fragen behandeln die Kapitel 3 und 4 vor allem auch die **fachliche Beurteilung** der mit unterschiedlichen Methoden erzielten Untersuchungs- und Prognoseergebnisse.

Das anschließende **Kapitel 5** wendet sich speziell an die für den Vollzug des Bodenschutzrechts zuständigen Behörden. Es gibt in den Abschnitten 5.1 bis 5.3 Hinweise für

behördliche Entscheidungen über den **Umfang** von **orientierenden Untersuchungen** und **Detailuntersuchungen** i.S.v. § 2 Nrn. 3 und 4 BBodSchV und benennt in Abschnitt 5.4 allgemeine Kriterien für die **Verhältnismäßigkeit** von Maßnahmen. Darüber hinaus setzt sich die Vollzugshilfe schon in Kapitel 2 mit der Frage der **Erheblichkeit** von Schadstoffeinträgen in das Grundwasser auseinander.

Von wesentlicher Bedeutung für die Anwendung der BBodSchV ist auch das Verständnis der in der Verordnung verwendeten **Begriffe**. Im BBodSchG oder in der BBodSchV wird nur ein Teil dieser Begriffe bestimmt. Dabei ist einzelnen Begriffen ein eigener, von fachwissenschaftlichen Definitionen abweichender Inhalt beigegeben. Klarstellungen, die dazu zweckmäßig erschienen, finden sich in dem **Glossar** vor den Anhängen zu dieser Vollzugshilfe.

In dem Glossar werden außerdem wichtige Begriffe geklärt, die im BBodSchG oder in der BBodSchV verwendet, aber nicht definiert werden. Das Glossar ist insoweit integrierender Bestandteil der Vollzugshilfe und sollte regelmäßig herangezogen werden.

Begriffe, deren Bedeutung sich aus dem Textzusammenhang ergibt, sind im **Stichwortverzeichnis** zu finden.

2 Rechtsregelungen zur Grundwassergefährdung durch Altlasten

2.1 Ermächtigungsgrundlage und materiell-rechtliche Anforderungen

In Verwaltungsverfahren zur Sachverhaltsermittlung und Gefahrenabwehr bei Altlasten stellt sich im Hinblick auf Grundwassergefahren und -verunreinigungen die Frage,

- auf welcher Ermächtigungsgrundlage Verfügungen über Maßnahmen zur Untersuchung, Sanierungsuntersuchung und -planung, zur Sanierung und Eigenkontrolle sowie über die Durchführung bestimmter Maßnahmen ergehen können (s. Abschn. 2.1.1) und
- welche materiell-rechtlichen Vorgaben in diesem Zusammenhang zu beachten sind (s. Abschn. 2.1.2 und 2.1.3).

2.1.1 Ermächtigungsgrundlage für Maßnahmen

Mit dem In-Kraft-Treten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) sind die §§ 9 und 10 sowie 13, 15 und 16 BBodSchG die alleinige Ermächtigungsgrundlage für Anordnungen³

- über Maßnahmen, die altlastverdächtige Altstandorte (Boden, Untergrund) oder Altablagerungen als Quelle einer vermuteten oder festgestellten Grundwassergefährdung oder einer bestehenden Grundwasserverunreinigung betreffen und
- für entsprechende Maßnahmen bzgl. des Grundwassers selbst, das durch Altlasten bereits verunreinigt ist oder dessen Verunreinigung zu erwarten ist.

Alle Regelungen beziehen sich auf die **altlastverdächtige Fläche** oder **Altlast als Ganzes**, unabhängig davon, ob sich der als (potenzielle) Schadstoffquelle zu betrachtende Bereich in der ungesättigten Bodenzone, in der gesättigten oder in beiden Bodenzonen befindet. Nach der Begriffsbestimmung des BBodSchG wird nämlich die obere Schicht der Erdkruste nicht näher räumlich abgegrenzt, sondern der Boden funktional definiert. Bestimmte im BBodSchG genannte Funktionen können aber auch von Bereichen der wassergesättigten Bodenzone erfüllt werden. Abgesehen davon erstreckt sich die Sanie-

³ Neben dem BBodSchG ist § 15 Abs.3 LBodSchG NW eine eigenständige Ermächtigungsgrundlage für Spezialfälle von schädlichen Bodenveränderungen.

rungspflicht nach § 4 Abs. 3 BBodSchG uneingeschränkt auf "Altlasten"; die Vorschrift enthält keinen Zusatz, der Teilbereiche nach der Lage zum Grundwasser unterscheidet. Auch gebietet der Ausschluss des Grundwassers aus dem Geltungsbereich des BBodSchG keine einschränkende Auslegung, da damit nicht die wassergesättigte **Bodenzone** vom Geltungsbereich ausgenommen wird. Vielmehr ist mit **Grundwasser** das unterirdische Wasser und nicht der **Grundwasserleiter**, der Boden i.S.d. BBodSchG sein kann, gemeint. Maßgeblich für die Definition des Grundwassers sind die europäische Grundwasserrichtlinie und die Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). Grundwasser ist nach der EU-WRRL und auch nach dem zukünftigen WHG das unterirdische **Wasser** in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht. (Wie angesichts dieser Festlegung der "Ort der Beurteilung" zu konkretisieren ist, wird in Abschnitt 2.1.2.2 dargelegt.)

Bevor die zuständige Behörde Maßnahmen gegenüber einem Pflichtigen anordnet, muss sie in vielen Fällen selbst bestimmte Ermittlungen durchführen. Nach § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG soll die Behörde die geeigneten Maßnahmen zur Ermittlung des Sachverhalts treffen, wenn ihr Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass eine Altlast vorliegt. Zu den Ermittlungen, die von Amts wegen durchzuführen sind, kann insbesondere eine **orientierende Untersuchung** i.S.d. § 2 Nr. 3 BBodSchV gehören. (Hinweise zum **Umfang** orientierender Untersuchungen finden sich in Abschnitt 5.2 dieser Schrift.)

Sofern und sobald der zuständigen Behörde konkrete Anhaltspunkte vorliegen, die den hinreichenden Verdacht einer Altlast begründen, kann die Behörde nach § 9 Abs. 2 BBodSchG einen der zur Gefahrenabwehr Verpflichteten heranziehen.

Nach den in § 1 BBodSchG festgelegten Grundsätzen sind der **Boden** und **Altlasten** sowie hierdurch verursachte **Gewässerverunreinigungen** zu sanieren. Hierauf aufbauend regelt § 4 Abs. 3 BBodSchG eine umfassende Sanierungspflicht, die sich uneingeschränkt auf alle Gefahren und Schäden erstreckt, die von einer Altlast hervorgerufen werden.

Mit den Regelungen über die Sanierungspflicht korrespondieren die Regelungen über die Gefährdungsabschätzung in § 9 BBodSchG. Auch diese sind nicht auf bestimmte Gefahren oder Wirkungspfade eingegrenzt.

Auf allgemeines Ordnungsrecht, § 14 des Gesetzes über Aufbau und Befugnisse der Ordnungsbehörden - Ordnungsbehördengesetz (OBG), in Verbindung mit den wasserrechtlichen Regelungen über die materiellen Anforderungen an den Schutz des Wassers

müssen allerdings Maßnahmen gestützt werden, wenn **nicht** eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast die Gefahr für das Gewässer bzw. die Gewässerverunreinigung verursacht. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das Grundwasser durch direktes Einleiten oder Eindringen von Schadstoffen ohne Bodenpassage verunreinigt wird oder eine solche Verunreinigung zu besorgen ist.

Wenn in Eilfällen noch nicht geklärt ist und auch innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit nicht geklärt werden kann, ob die Gewässerverunreinigung über eine Bodenpassage erfolgt, kann eine Maßnahme ebenfalls auf allgemeines Ordnungsrecht in Verbindung mit Wasserrecht gestützt werden.

Untersuchungen zur Ermittlung von Grundwassergefährdungen und -schäden durch Altlasten sind Aufgaben nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz und generell von **Untersuchungsstellen** auszuführen, die die Anforderungen nach § 18 BBodSchG erfüllen.⁴

Für die darüber hinaus wahrzunehmenden fachlichen Aufgaben ist es dagegen nicht regelmäßig erforderlich, dass ein für das Sachgebiet "Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser" zugelassener Sachverständiger tätig wird. In welchen Fällen und zu welchen Fragestellungen die zuständige Bodenschutzbehörde einen Sachverständigen nach § 18 BBodSchG heranzieht oder dessen Heranziehung verlangt, entscheidet die Behörde nach pflichtgemäßem Ermessen.

Abweichend von den o. a. Ermächtigungsgrundlagen richten sich bei Betrieben und Betriebsflächen, die unter Bergaufsicht stehen, Maßnahmen zur Untersuchung, Sanierungsuntersuchung und -planung, zur Sanierung und Eigenkontrolle sowie die Durchführung bestimmter Maßnahmen nach Bundesberggesetz und werden im Betriebsplanverfahren geregelt.

⁴ Solange die Anforderungen an Untersuchungsstellen nach § 18 BBodSchG und § 17 LbodSchG in Nordrhein-Westfalen noch nicht durch Rechtsverordnung festgelegt sind (§ 17 Abs. 2 LbodSchG), kann insbesondere auch eine Zulassung nach § 25 LAbfG NW als Kompetenznachweis gewertet werden. Die Anforderungen, die in dem RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über die "Zulassung von Stellen für die Untersuchung von Abfällen, Sickerwasser, Oberflächenwasser und Grundwasser nach § 25 Landesabfallgesetz" v. 21.8.2000 (MBl. NRW. 2000 S.995) enthalten sind, decken sich für den Bereich der stofflichen schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten weitgehend mit den in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz erarbeiteten Anforderungen an Untersuchungsstellen nach § 18 BBodSchG.

2.1.2 Materiell-rechtliche Vorgaben des Bodenschutzrechts

2.1.2.1 Maßgaben für die Untersuchung und Bewertung

Für die **Untersuchung** altlastverdächtiger Flächen sind neben den Vorschriften des § 9 BBodSchG die Konkretisierungen in den §§ 2 und 3 sowie in Anhang 1 BBodSchV bedeutsam. **Anhang 1** enthält Maßgaben zum Untersuchungsumfang und zum erforderlichen Kenntnisstand für die Untersuchungsplanung (im Einzelnen dazu Abschn. 5.1 bis 5.3) sowie nähere Regelungen über die Probennahme, die anzuwendenden Verfahren (Analytik) und die Qualitätssicherung bei der Untersuchung.

In § 4 i.V.m. Anhang 2 legt die BBodSchV Grundsätze für die **Bewertung** der Untersuchungsergebnisse und sonstigen Erkenntnisse sowie Werte nach § 8 BBodSchG und Anwendungsregeln für diese Werte fest. Mit den **Prüfwerten** für den **Wirkungspfad Boden - Grundwasser** in Anhang 2 Nr. 3.1 regelt die BBodSchV dabei einige materielle Anforderungen an den Grundwasserschutz und konkretisiert insoweit den wasserrechtlichen **Besorgnisgrundsatz**. Bei der Anwendung der Prüfwerte ist nach Anhang 2 Nr. 3.2 Buchst. f BBodSchV die geogen bedingte Hintergrundsituation der jeweiligen Grundwasserregion zu berücksichtigen (s.a. Abschn. 3.1.2.2).

Prüfwerte sind nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 BBodSchG Werte, bei deren Überschreiten eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine Altlast vorliegt. Dazu führt die BBodSchV in § 3 Abs. 4 aus, dass konkrete Anhaltspunkte, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen, in der Regel vorliegen, wenn Untersuchungen eine Überschreitung von Prüfwerten ergeben oder wenn aufgrund einer Sickerwasserprognose eine Überschreitung zu erwarten ist. Damit ist im Hinblick auf den Wortlaut des § 9 Abs. 2 BBodSchG klargestellt, dass insbesondere auch eine prognostizierte Prüfwertüberschreitung die Möglichkeit eröffnet, einen Störer für weitergehende Maßnahmen heranzuziehen.

Als "Prüfwerte" werden in dieser Schrift alle Kategorien von Werten bezeichnet, die nach der BBodSchV für eine Bewertung i.S.d. § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 BBodSchG herangezogen werden können, d.h.

- in Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV festgelegte Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser,
- Werte, die i.S.d. § 4 Abs. 5 BBodSchV abgeleitet wurden (s. Abschn. 2.1.2.3, Fußnote 7) und
- geogen bedingte Hintergrundwerte der jeweiligen Grundwasserregion, die über den Prüfwerten nach Anhang 2 Nr. 3.1 liegen (Anhang 2, Nr. 3.2 Buchst. f BBodSchV).

Konkrete Anhaltspunkte i.S.d. § 9 Abs. 2 BBodSchG können nach § 3 Abs. 4 BBodSchV auch aufgrund sonstiger Feststellungen bestehen. Ob diese rechtliche Grenze überschritten ist, hat die zuständige Behörde auf der Grundlage einer **fachlichen Beurteilung** der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Prognosen zu entscheiden.

Beim Wirkungspfad Boden - Grundwasser ist der Sonderfall gegeben, dass die Prüfwerte bereits den Maßstab dafür bilden, **ob** eine Gefahr vorliegt (s. Abschn. 2.1.3). Nach § 4 Abs. 2 Satz 2 BBodSchV ist, sofern ein Prüfwert nach Anhang 2 Nr. 3.1 am **Ort der Probenahme** überschritten wird, im Einzelfall zu ermitteln, ob die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser am **Ort der Beurteilung** den Prüfwert übersteigt (s. Abschn. 2.1.2.2). Allein eine festgestellte bzw. prognostizierte Überschreitung von Prüfwerten am Ort der Beurteilung (s.u.) reicht aus, um eine Gewässerverunreinigung zu besorgen und damit die Gefahr einer Gewässerverunreinigung dem Grunde nach festzustellen. Nach herkömmlicher Terminologie liegt dann eine "**erhebliche**" Grundwasserverunreinigung bzw. die Gefahr einer erheblichen Grundwasserverunreinigung vor. Die BBodSchV verwendet in diesem Zusammenhang auch den Begriff der "erhöhten" Schadstoffkonzentration (§ 4 Abs. 7 BBodSchV).⁵

Im Gegensatz ist nach § 4 Abs. 2 BBodSchV der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt, wenn der Prüfwert unterschritten ist. Belastungen des Sickerwassers unterhalb der Prüfwerte führen nach dem Konzept des Bodenschutzes jedenfalls nicht zu einer Gefahr der Grundwasserverunreinigung, die nach dem BBodSchG zu sanieren wäre. Damit bieten die Prüfwerte auch eine Orientierung für die Zielsetzung von Sanierungsmaßnahmen, denn Ziel einer Sanierung der Gefahrenquelle können maximal nur Konzentrationswerte knapp unterhalb der Prüfwerte - und damit unterhalb der Gefahrenschwelle - sein. Eine weitere Verbesserung kann nicht verlangt werden.

2.1.2.2 Ort der Beurteilung

Maßgeblicher Ort der Beurteilung ist nach § 4 Abs. 3 BBodSchV der Übergangsbereich von der ungesättigten in die gesättigte Zone. Diese Bestimmung kann in naturwissenschaftlicher Terminologie als Übergang vom offenen zum geschlossenen Kapillarraum aufgefasst werden. Damit besteht Übereinstimmung mit der Definition des Grundwassers in der EU-WRRL. Schon aus der Formulierung "Bereich des Übergangs" ist abzuleiten, dass es sich hierbei nicht um eine exakt bestimmte, im Einzelfall feststehende Trennflä-

⁵ Unerhebliche Grundwasserverunreinigungen werden in wasserwirtschaftlichen Veröffentlichungen auch als "geringfügig" und die Schwelle zwischen erheblichen und unerheblichen Grundwasserverunreinigungen als "Geringfügigkeitsschwelle" bezeichnet.

che handelt, sondern dass u.a. auch die Schwankungen des Grundwasserstandes zu berücksichtigen sind (Anhang 2 Nr. 3.2 b BBodSchV).

Um hinsichtlich des Ortes der Beurteilung in Nordrhein-Westfalen ein einheitliches Bezugsniveau zu wahren, sollte künftig ein höchster Grundwasserstand zugrunde gelegt werden.

Dazu werden folgende **Hinweise für die Praxis** gegeben:

Der in Grundwassermessstellen bestimmbare Grundwasserspiegel liegt bei ungespanntem Grundwasser tiefer als der Übergang vom geschlossenen zum offenen Kapillarraum, da der geschlossene Kapillarraum zur gesättigten Bodenzone zählt. Weil die Obergrenze des geschlossenen Kapillarraums i.d.R. aber nicht sicher bestimmt werden kann, ist es aus fachlicher Sicht sinnvoll, den Grundwasserspiegel zu betrachten und als praktikable Grenze zwischen ungesättigter und gesättigter Zone heranzuziehen.

Der Grundwasserstand ist gewöhnlich jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Um den Ort der Beurteilung im vorstehenden Sinne zu ermitteln, ist ein höchster Grundwasserstand für den Standort abzuleiten. Dazu sind sowohl Grundwasserstände der speziell für die Erkundung der zu beurteilenden Fläche eingerichteten Messstellen, von Messstellen in der direkten Nachbarschaft als auch - nach Möglichkeit - Messreihen von mindestens einer geeigneten im Umfeld gelegenen Messstelle des Landesgrundwasserdienstes heranzuziehen⁶.

Sofern in der Nähe des Standortes keine Grundwassermessstellen verfügbar sind, die die o.g. Kriterien erfüllen, können hilfsweise die **Grundwassergleichenkarten** des Landes-

⁶ Die **Umfeldmessstelle** sollte im gleichen Grundwasserteilkörper möglichst in der Nähe des Standorts liegen und im gleichen Grundwasserstockwerk verfiltert sein. Der Flurabstand sollte ähnlich sein wie der am Standort. Die Messreihe der Grundwasserstände soll mindestens bis 1985 zurückreichen, durch i.d.R. monatliche Messungen belegt und nicht trendbehaftet sein. Die erforderlichen Stamm- und Messdaten zu den Messstellen des Landesgrundwasserdienstes sind von den Staatlichen Umweltämtern zu beziehen. Ggf. verfügen auch andere Institutionen (z.B. Kreisordnungsbehörden, Wasserverbände) über geeignete Messstellen. Zur Überprüfung der Eignung der verwendeten Umfeldmessstelle sind die am Standort gemessenen Grundwasserstände (mindestens 3, davon 1 Messung im Zeitraum Januar bis April) mit denen der Umfeldmessstelle zu vergleichen. Hierzu sind gutachterliche Feststellungen zu treffen. Der Ort der Beurteilung ergibt sich aus dem Mittel der Jahreshöchststände seit mindestens 1985. In **Bergsenkungsgebieten** muss Grundwasser zur Aufrechterhaltung der Vorflut häufig gesümpft werden. In diesen Fällen weisen Grundwasserganglinien einen fallenden Trend auf. Der Ort der Beurteilung errechnet sich dann aus der Differenz zwischen mittlerer Geländehöhe des Standortes und dem Mittel der niedrigsten jährlichen Flurabstände seit 1985 der Umfeldmessstelle. Voraussetzung für diese Ermittlung ist die regelmäßige zusätzliche Messung der Messpunktoberkante der Umfeldmessstelle.

umweltamtes für den Zeitraum 1988 (hoher Grundwasserstand) im Maßstab 1 : 50.000 herangezogen werden.

In Gebieten, wo weder geeignete Messstellen noch Grundwassergleichen vorliegen, sind **plausible gutachterliche Annahmen** auf der Grundlage der am Standort gemessenen Grundwasserstände und den klimatischen Verhältnissen der zurückliegenden 2 Jahre ("trockene" oder "nasse" Jahre) zu treffen.

Die veränderliche Lage des Grundwasserstandes muss nicht nur bei der Beurteilung, sondern für repräsentative Untersuchungen "am Ort der Beurteilung" (s. Abschn. 3.2.1) bereits bei der Messstelleneinrichtung und der Festlegung der Probennahmeterminen berücksichtigt werden.

Zum maßgeblichen Ort, auf den die Beurteilung von Kontaminationen in der **gesättigten Zone** zu beziehen ist, finden sich Hinweise im folgenden Abschnitt 2.1.2.3.

2.1.2.3 Anforderungen bei fehlenden Vorschriften der BBodSchV

Die BBodSchV gibt nicht für den gesamten mit dieser Schrift angesprochenen Fragenkreis materielle Anforderungen vor. Zum einen sind nur für einige Parameter Prüfwerte vorgegeben. Zum anderen erstrecken sich die Regelungen zum Wirkungspfad Boden - Grundwasser nur auf Schadstoffe aus belasteten Bereichen der **ungesättigten Bodenzone** (Schadstoffquellen), auf das Transportmedium Sickerwasser und auf den Weg bis zum Übergang des Sickerwassers in das Schutzgut Grundwasser. (Beispielsweise verlangt Anhang 1 Nr. 2.1.3 BBodSchV beim Wirkungspfad Boden-Grundwasser die Beprobung der ungesättigten Bodenzone bis unterhalb einer mutmaßlichen Schadstoffanreicherung oder eines auffälligen Bodenkörpers.)

Hinsichtlich der Anforderungen an Maßnahmen nach § 4 Abs. 3 BBodSchG ist - wie oben ausgeführt - aus den Prüfwerten nur abzuleiten, dass maximales Ziel einer Sanierung der Gefahrenquelle Konzentrationswerte knapp unterhalb der Prüfwerte sein können. Außerdem regelt das Bodenschutzrecht nicht die bei der Sanierung des Grundwassers selbst zu erfüllenden Anforderungen, sondern stellt in § 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG klar, dass sich diese nach Wasserrecht bestimmen.

Soweit das bodenschutzrechtliche Regelwerk keine materiellen Anforderungen enthält, ist für die Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen oder -gefährdungen durch Altlasten auf die wasserrechtlichen Regelungen über die Schutzbedürftigkeit des Grundwassers und entsprechende materielle Anforderungen zurückzugreifen. Die BBodSchV hat in Teilbereichen die wasserrechtlichen materiellen Maßstäbe fachlich konkretisiert. Verbleibende Lücken sind daher im **fachlichen System** der BBodSchV zu schließen.

Gegenwärtig sind in Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV (Wirkungspfad Boden-Grundwasser) **Prüfwerte** für 17 Stoffe bzw. Stoffgruppen in Form von Sickerwasser-Konzentrationswerten vorgegeben. Soweit in der BBodSchV keine Prüfwerte festgesetzt sind, bestimmt § 4 Abs.5 Satz 1 BBodSchV, dass die zur Ableitung dieser Werte herangezogenen Maßstäbe zu beachten sind.⁷ Im vorliegenden Zusammenhang ist der Maßstab des Wasserrechts anzulegen (s. Abschn. 2.1.3).

Eine Ausfüllung von Lücken "im fachlichen System der BBodSchV" erfolgt im folgenden insbesondere auch für die Frage, welche Vorgehensweisen bei Altlasten in der gesättigten Zone geeignet sind (s. Kap. 3).

Soweit der kontaminierte Bodenkörper oder die Altablagerung in der **gesättigten** Zone liegen, ist das sogenannte **Kontaktgrundwasser** der maßgebliche Ort, auf den die Beurteilung auszurichten ist. Wenn das Grundwasser die entsprechenden Bereiche des Untergrunds durchströmt, ist Kontaktgrundwasser nicht nur der randliche Kontaktbereich sondern auch das Grundwasser innerhalb des zu beurteilenden Boden- bzw. Ablagerungskörpers, also innerhalb des durchströmten Bereichs.

Daraus ergibt sich jedoch nicht, dass auch Messungen regelmäßig innerhalb des zu beurteilenden Bodenkörpers und insbesondere nicht innerhalb einer Altablagerung durchgeführt werden müssen. Die Interpretation und Bewertung von Messergebnissen hat jedoch diesen Grundsatz sowie Konzentrationszunahmen auf der Fließstrecke zu berücksichtigen.

⁷ Einzelheiten zur Ableitung der Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser sind im Bundesanzeiger bisher nicht veröffentlicht (vgl. § 4 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV). Falls Verunreinigungen durch Schadstoffe vorliegen, für die in der BBodSchV keine Prüfwerte festgesetzt sind, sollte deshalb geprüft werden, inwieweit Konkretisierungen wasserrechtlicher Maßstäbe aus dem Bereich der Wasserwirtschaft herangezogen werden können. Gegenwärtig werden in einem Arbeitskreis der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Geringfügigkeitsschwellen (Schwellen zwischen erheblichen und unerheblichen Grundwasserverunreinigungen) erarbeitet, die zugleich als Grundlage für eine Ergänzung oder Änderung der Prüfwerte in Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV dienen sollen.

Die Prüfwerte der BBodSchV können auch zur Bewertung herangezogen werden, soweit der zu beurteilende Bodenkörper bzw. die Altablagerung in der gesättigten Zone liegen.

2.1.3 Materiell-rechtliche Vorgaben des Wasserrechts

Die Regelungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) über die Schutzbedürftigkeit des Grundwassers (z.B. §§ 1a, 6, 19 b Abs. 1, 26 und 34 WHG) lassen sich im sogenannten Besorgnisgrundsatz zusammenfassen. Das Grundwasser ist danach vor jeder schädlichen Verunreinigung und jeder sonstigen nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften zu bewahren.

Nach § 1a Abs. 2 WHG ist jedermann verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten. Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten. Das Gebot der Vorsorge ist nach dem Wortlaut der Regelung nicht begrenzt auf Wasservorkommen, die bereits für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzt werden. Der Erhalt der Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes ist Zweck der Vorsorge. Die allgemeine Regelung des § 1 a Abs. 2 WHG wird ergänzt durch Regelungen für unterschiedliche Bereiche (§§ 7 a, 18 a, 19 b, 19 g, 26 a, 34). Gemeinsam ist allen Regelungen, dass Verunreinigungen des Wassers zu vermeiden sind ("Minimierungsgebot"), unabhängig von Belastbarkeit und Nutzung des Gewässers.

Dieser Maßstab des WHG ist bei der Vorsorge zu beachten, aber auch materieller Maßstab bei der Gefahrenabwehr. Es liegt dann keine Besorgnis einer Grundwasserverunreinigung vor, wenn in Anbetracht der konkreten Umstände keine auch noch so wenig nahe liegende Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Grundwasser verunreinigt wird. Die Verunreinigung muss nach menschlicher Erfahrung unwahrscheinlich sein. Damit definiert das Wasserrecht in Anbetracht der hohen Schutzwürdigkeit des Wasserhaushaltes eine im Vergleich zu anderen Regelungsbereichen niedrige Gefahrenschwelle und entsprechend hohe materielle Anforderungen bei Maßnahmen. Daher liegt beim Pfad Boden - Grundwasser - anders als bei den anderen in der BBodSchV geregelten Wirkungspfaden - eine Gefahr schon dann vor, wenn nach einer Sickerwasserprognose zu erwarten ist, dass die Prüfwerte überschritten werden.

Nach der Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17.12.1979 über den Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung durch bestimmte ge-

fährliche Stoffe vom 18.03.1997 (Grundwasserverordnung) dürfen Stoffe der Liste 1 nicht in das Grundwasser gelangen, es sei denn, jede gegenwärtige oder künftige Gefahr einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität ist ausgeschlossen. Stoffe der Liste 2 nach § 5 Grundwasserverordnung dürfen nur in das Grundwasser eingetragen werden, wenn eine schädliche Veränderung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist.

Ob bei einer Grundwassergefährdung oder -verunreinigung Maßnahmen zu ergreifen sind, ist im Einzelfall unter Beachtung des **Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes** zu entscheiden. Zu beachten ist, dass eine **Prüfwertüberschreitung** (lediglich) anzeigt, dass eine **Gefahr dem Grunde nach** besteht. Vor der Entscheidung über die Notwendigkeit, die Eignung und die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen ist darüber hinaus der **Gefahrenumfang** mit der für den jeweiligen Verfahrensschritt angemessenen Genauigkeit einzuschätzen bzw. zu ermitteln. Einzelne dabei zu beachtende Umstände, die in die Sachverhaltsermittlung einfließen müssen, sind in Abschnitt 5.4 ausgeführt. § 4 Abs. 7 BBodSchV greift zwei typische Fälle auf ("auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten" und "lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen") und weist auf die nach allgemeinen Grundsätzen geforderte Verhältnismäßigkeitsprüfung hin.

2.2 Rechtliche Aspekte der Sickerwasserprognose nach BBodSchV

§ 4 Abs. 3 BBodSchV schreibt vor, dass zur Bewertung der von Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen ausgehenden **Gefahren** für das Grundwasser eine **Sickerwasserprognose** zu erstellen ist. Was eine Sickerwasserprognose im Sinne der Verordnung ist, bestimmt § 2 Nr. 5.

§ 2 Nr. 5 BBodSchV Sickerwasserprognose:

Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone.

Schon nach allgemeinem Ordnungsrecht und den späteren altlastenrechtlichen Regelungen im LAbfG NW war zu ermitteln, ob

- von einer altlastverdächtigen Fläche oder Altlast bei ungehindertem Geschehensablauf in überschaubarer Zukunft mehr als nur unerhebliche Schadstoffeinträge in das Grundwasser zu erwarten waren (**Gefahr** für das Grundwasser) oder
- solche Flächen durch Schadstoffeinträge, die von ihnen ausgehen, Grundwasserverunreinigungen bereits verursachen (**Schaden** für das Grundwasser).

Im ersten Fall waren zur abschließenden Sachverhaltsermittlung die von einer Altlast in Zukunft drohenden Schadstoffeinträge und Auswirkungen auf das Grundwasser nach Art und Umfang abzuschätzen. Im zweiten Falle waren Art und Umfang der von einer Altlast herbeigeführten Grundwasserverunreinigung zu ermitteln und der künftig zu erwartende weitere Schadstoffeintrag zu prognostizieren.

An diesen Fragestellungen bezüglich des Schutzgutes Grundwasser hat sich im Regime des BBodSchG nichts geändert. Dies wird u.a. an der Begriffsbestimmung für die Sickerwasserprognose deutlich, die ausdrücklich von Schadstoffeinträgen spricht, die von einer Altlast **ausgehen** (die also schon verwirklicht sind) und von Einträgen, die künftig zu **erwarten** sind.

Wie aus der Begriffsbestimmung ersichtlich und in Kapitel 1 herausgestellt, gelten die Regelungen der BBodSchV über die Sickerwasserprognose unmittelbar nur für die Ermittlung von Schadstoffeinträgen aus der **ungesättigten Bodenzone** einer altlastverdächtigen Fläche oder Altlast und auch nur insoweit, wie solche Einträge **über das Sickerwasser**, d.h. mit dem Sickerwasser als Transportmedium erfolgen.

In den Anforderungen der BBodSchV an die Sickerwasserprognose spiegelt sich deutlich wieder, dass es bei den Vorschriften des BBodSchG über Altlasten im Wesentlichen um die Abwehr von Gefahren im ordnungsrechtlichen Sinne geht. Der ordnungsrechtliche Gefahrenbegriff stellt auf eine **im einzelnen Falle** bestehende Gefahr, d.h. auf einen nach den **Umständen des Einzelfalls** zu erwartenden oder bereits eingetretenen Schaden ab. Es muss also eine **konkrete Gefahr** vorliegen und nicht nur eine sogenannte abstrakte Gefahr, die lediglich typischerweise bei einem Sachverhalt wie dem festgestellten vorliegt. Im Hinblick auf Grundwassergefahren sind die Umstände des Einzelfalls vor allem auch dadurch geprägt, dass Schadstoffeinträge aus der ungesättigten Bodenzone i.d.R. nicht in einer unmittelbaren Beziehung zu den Gesamtgehalten der betreffenden Schadstoffe in der ungesättigten Zone stehen. Die Einträge hängen vielmehr von einer Vielzahl von Standortfaktoren und Prozessen in Boden und Untergrund ab, die sich von Fall zu Fall deutlich unterscheiden können.

Umstände, die das Geschehen im Einzelfall maßgeblich bestimmen, sind

- die Mobilität und Mobilisierbarkeit der Schadstoffe in Bezug auf das Transportmedium Sickerwasser und
- das Abbau- und Rückhaltevermögen der ungesättigten Zone im Bereich der jeweiligen Fläche.

Die BBodSchV trägt dem dadurch Rechnung, dass sie

- Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser in Form von **Konzentrationswerten** für das Sickerwasser und nicht von Gesamtgehalten im Boden festlegt (Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV),
- verlangt, dass bei der Bewertung die **Veränderungen** der Schadstoffkonzentration im Sickerwasser beim **Durchgang durch die ungesättigte Bodenzone** berücksichtigt werden (Anhang 2 Nr. 3.2 Buchst. b)),
- vorschreibt, dass die Prüfwerte für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Bodenzone gelten, d.h. für die **Schadstoffkonzentration** im Sickerwasser **nach Passage der ungesättigten Zone** (Anhang 2 Nr. 3.2 Buchst. a)) und
- darüber hinaus weitere differenzierende Regelungen trifft (z.B. Anwendungsregeln zu den Prüfwerten für den Pfad Boden - Grundwasser in Anhang 2).

Aus dieser Regelungssystematik ergibt sich, dass bei einer Gefährdungsabschätzung jeder Untersuchungs- und Bewertungsschritt den entsprechenden Anforderungen der BBodSchV entsprechen und **nachvollziehbar** sein muss. Die BBodSchV fordert in Anhang 1 Nr. 3.3 ausdrücklich, dass die auf Analysenergebnissen beruhende Abschätzung der Sickerwasserbeschaffenheit und -frachten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone im Einzelnen **darzulegen** und zu **begründen** ist.

Die Fragen bezüglich der **praktischen Durchführung von Sickerwasserprognosen** rühren zu einem erheblichen Teil daher, dass die BBodSchV zwar geeignete Verfahrenswesen, nicht aber bestimmte Untersuchungsmethoden benennt. Ein Grund dafür, dass sich die BBodSchV auf die Angabe **allgemeiner Verfahrenswesen** für die Sickerwasserprognose beschränkt (ausgenommen die Vorschriften über die Extraktion und Elution in Anhang 1 Nr. 3.1.2 BBodSchV), liegt in der Verschiedenartigkeit der zu untersuchenden

Fallgestaltungen. Außerdem wurden bei der Erarbeitung und Beratung der BBodSchV noch keine im strengen Sinne "verordnungsreifen" Untersuchungsmethoden gesehen.

Dies steht einer sachgerechten und verordnungskonformen Sickerwasserprognose, auf die sich Verwaltungsentscheidungen stützen können, jedoch nicht entgegen. Genormte oder durch allgemein anerkannte Regelwerke festgelegte Untersuchungsmethoden, die nicht zur Verfügung stehen, kann die zuständige Behörde auch nicht anwenden. Entscheidend ist hier, dass die BBodSchV in Anhang 1 Nr. 3.3 wörtlich bestimmt:

"Für die Abschätzung sind insbesondere Verfahren heranzuziehen, die mit Erfolg bei praktischen Fragestellungen angewendet worden sind. Hierzu sind im Einzelfall gutachterliche Feststellungen zu treffen. "

Mit den in Anhang 1 Nr. 3.3 aufgeführten Verfahrensweisen, nach denen die Abschätzung des Stoffeintrags aus altlastverdächtigen Flächen erfolgen kann, eröffnet die Verordnung allen Methoden die Anwendung, die gegenwärtig nach sachkundigem Urteil eine hinreichende Eignung im Einzelfall aufweisen (s. Kap. 3). Als **Anhang 1** ist dieser Vollzugshilfe deshalb eine umfassende Darstellung und kritische Würdigung von in Betracht kommenden **Untersuchungsmethoden** beigegeben.

Unsicherheiten in der Vollzugspraxis rühren auch daher, dass aus der Festlegung exakter Prüfwerte vielfach geschlossen wird, eine Sickerwasserprognose müsse - um justiziabel zu sein - zu einem Zahlenvergleich zwischen den Prüfwerten der BBodSchV und ähnlich exakten Prognosewerten für den Schadstoffeintrag führen.

Hinsichtlich einer zahlenmäßigen **Exaktheit von Sickerwasserprognosen** stellt die BBodSchV jedoch ausdrücklich klar, dass mit den in Anhang 1 Nr. 3.3 der Verordnung genannten Verfahrensweisen die **Abschätzung** des Stoffeintrags **annäherungsweise** erfolgen kann. Dies betrifft sowohl die Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags als auch die Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung. Die Voraussetzung für die mit einer Prüfwertüberschreitung verbundenen Rechtsfolgen liegen demnach grundsätzlich vor, wenn die zuständige Behörde aufgrund einer auf Untersuchungen gestützten sowie im Einzelnen dargelegten und begründeten Abschätzung eines Sachkundigen zu dem Ergebnis kommt, dass die Prüfwerte mit hinreichender Wahrscheinlichkeit am Ort der Beurteilung überschritten werden. Entsprechendes gilt für die Unterschreitung der Prüfwerte in Anhang 2 Nr. 3.1 oder von Werten, die nach den gleichen Modalitäten abgeleitet wurden.

Bei Fortsetzung des Verfahrens ist zu beachten, dass eine abschließende Bewertung nicht lediglich auf einer Konzentrationsbetrachtung beruhen darf. Nach § 4 Abs. 3 BBodSchV ist zwar *"im Einzelfall insbesondere abzuschätzen und zu bewerten, inwieweit zu erwarten ist, dass die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser den Prüfwert am Ort der Beurteilung überschreitet"*. Dadurch ist dem Kriterium "Prüfwertüberschreitung" ein besonderes Gewicht gegeben. Zugleich weist das Wort "insbesondere" aber darauf hin, dass auch weitere Kriterien zu beachten sind. Dies gilt vor allem für die letztlich bei einer Sickerwasserprognose ebenfalls abzuschätzenden Schadstofffrachten. In die Ermittlung und Bewertung der von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast insgesamt verursachten oder zu erwartenden Schadstoffeinträge in das Grundwasser sind demnach die maßgeblichen Frachten anzubeziehen. Hält die zuständige Behörde eine Berücksichtigung von Frachten schon bei der Entscheidung über eine Untersuchungsanordnung (§ 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG) für erforderlich, ist dafür eine grob summarische Einschätzung ausreichend (s. Abschn. 5.2.3.1).

3 Schadstoffeinträge in das Grundwasser

3.1 Allgemeines

3.1.1 Untersuchungsanlass und -reichweite

Anlass zu Untersuchungen, die im Hinblick auf Schadstoffeinträge aus einer altlastverdächtigen Fläche in das Grundwasser den Sachverhalt klären sollen, können die Ergebnisse der Erfassung oder vorangegangener Untersuchungen geben.

"**Zu beurteilende Fläche**" kann dabei - je nach Fragestellung im Einzelfall - eine nicht näher unterteilte altlastverdächtige Fläche sein, bei der insgesamt ermittelt werden soll, ob von den dort abgelagerten Abfällen oder von Schadstoffen im Bodenkörper der Fläche eine Gefährdung für das Grundwasser ausgeht.

Es kann sich bei der zu beurteilenden Fläche aber auch um Teilbereiche einer Gesamtfläche handeln, die im Rahmen der Gefährdungsabschätzung separat betrachtet werden sollen, z.B. weil sich Anhaltspunkte für Schadstoffeinträge in das Grundwasser nach den Ergebnissen der Erfassung auf bestimmte Bereiche beschränken.

Örtliche Untersuchungen hinsichtlich einer Grundwassergefährdung (oder -verunreinigung) können aufgrund bereits ausgeführter Boden- oder Gewässeruntersuchungen erforderlich werden. In der Regel ergibt sich deren Notwendigkeit aber aus den Ergebnissen standortbezogener Erhebungen, bei denen vor allem auch die frühere und heutige Nutzung der betreffenden Fläche, deren Größe, Lage und Umgebung, die örtliche Geologie und Hydrogeologie sowie Art, Menge und Eigenschaften vermutlich vorkommender Schadstoffe betrachtet wurden.

Im Einzelnen kann sich ein Untersuchungserfordernis beispielsweise ergeben

nach **standortbezogenen Erhebungen** durch

- Anhaltspunkte oder Belege für die Ablagerung schadstoffhaltiger Abfälle oder für Einträge von Schadstoffen in den Boden in Verbindung mit Standortgegebenheiten, die eine Verlagerung in das Grundwasser möglich erscheinen lassen,
- Anhaltspunkte für eine frühere Direkteinleitung von Schadstoffen in das Grundwasser (z.B. sog. Schluckbrunnen),

nach bereits **durchgeführten Gewässeruntersuchungen** durch

- festgestellte Grundwasserverunreinigungen im Einwirkungsbereich der zu beurteilenden Fläche,
- festgestellte Oberflächenwasserverunreinigungen im Einflussbereich der zu beurteilenden Fläche, die sich nicht auf Abwassereinleitungen oder sonstige aktuelle Direkt-einträge in das Oberflächengewässer zurückführen lassen,

nach früheren oder **ersten Bodenuntersuchungen** durch

- festgestellte Gehalte an leichtflüchtigen Stoffen in der Bodenluft,
- festgestellte Schadstoffe in Phase,
- nachweislich erhöhte Schadstoffgehalte im Boden (Feststoff) der zu beurteilenden Fläche gegenüber der unbeeinflussten Umgebung und gegebenes Verlagerungspotenzial in das Grundwasser.

Sofern im letztgenannten Fall die ermittelten Feststoffgehalte jedoch die Vorsorgewerte der BBodSchV unterschreiten, bedeutet dies, dass **insoweit keine** Anhaltspunkte für eine Grundwassergefährdung vorliegen. Sonstigen Anhaltspunkten ist gleichwohl Rechnung zu tragen.

Liegen nach sachgerecht durchgeführten standortbezogenen Erhebungen oder aufgrund verlässlicher früherer Untersuchungen **keine Anhaltspunkte** für eine Grundwassergefährdung vor, so sind **keine weiteren Schritte** zur Gefährdungsabschätzung im Hinblick auf das Grundwasser notwendig.

Besteht hingegen der (einfache oder i.S.d. § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG zureichend erhärtete) Verdacht einer Grundwassergefährdung, so sind die nach § 3 BBodSchV gebotenen Untersuchungen auch auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser und die sonstigen Eintrittsmöglichkeiten zu erstrecken. Dies schließt auch auf der Stufe einer **orientierenden Untersuchung** eine Sickerwasserprognose ein, da § 4 Abs. 3 Satz 1 BBodSchV ausdrücklich bestimmt, dass zur Bewertung der von einer altlastverdächtigen Fläche ausgehenden Gefahren für das Grundwasser eine Sickerwasserprognose zu erstellen ist.

Im Rahmen einer orientierenden Untersuchung sind nach § 3 Abs. 4 BBodSchV aber nur Untersuchungen in dem Maße (Umfang, Detaillierungsgrad) erforderlich, bis im Einzelfall die Entscheidung über das Bestehen eines hinreichenden Verdachts einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast möglich ist. Besteht ein solcher Verdacht, können aufgrund der Anordnungsbefugnis nach § 9 Abs. 2 BBodSchG alle weiteren Maßnahmen zur Gefährdungsabschätzung einem bodenschutzrechtlich Pflichtigen aufgegeben werden (nähere Erläuterungen s. Abschn. 5.1 bis 5.3).

3.1.2 Eintragsprognose

Angesichts der verschiedenartigen Eintragsmöglichkeiten in das Grundwasser wird mit dieser Vollzugshilfe der umfassendere Begriff der "**Eintragsprognose**" eingeführt. Die Eintragsprognose stellt über die Sickerwasserprognose im Sinne des § 2 BBodSchV hinaus die **übergreifende Betrachtung aller möglichen Eintragspfade in das Grundwasser** dar (s. Tab. 3.1 und Abschn. 3.5). Auf eine solche Eintragsprognose ist abzustellen, wenn untersucht und bewertet werden soll, ob von einer zu beurteilenden Fläche Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgehen oder in überschaubarer Zukunft zu erwarten sind.

Tab. 3.1: Eintragsprognose

Merkmale	Eintragsprognose		
	Sickerwasserprognose nach § 2 BBodSchV	Stoffeinträge nicht über das Sickerwasser	
Lage der Schadstoffquelle	in der ungesättigten Zone	in der ungesättigten Zone	in der gesättigten Zone
Stoffeintrag in das Grundwasser erfolgt	nur mit dem Sickerwasser *	gravitativ (z.B. Absinken von Phasen oder schweren Gasen) oder diffusiv (Ausbreitung von Gasen)	nur mit dem Grundwasser
Beurteilung bezogen auf	Ort der Beurteilung nach BBodSchV	Ort der Beurteilung nach BBodSchV	Kontakt-Grundwasser

* Darunter ist grundsätzlich alles Wasser zu verstehen, das in der ungesättigten Zone versickert, also etwa auch Wasser aus undichten Kanälen o.ä..

"**Prognose**" bedeutet im vorliegenden Zusammenhang zweierlei:

- Kann für eine erforderliche Untersuchung keine Messung "am Ort der Beurteilung" oder des Kontaktgrundwassers im Sinne von Abschnitt 3.2.1 erfolgen, dann müssen die **gegenwärtigen Schadstoffeinträge** über das Sickerwasser oder über sonstige Eintragspfade aus den Ergebnissen anderer geeigneter Untersuchungen nach **Konzentrationen** und **Frachten** abgeschätzt werden. Eine Abschätzung der Konzentrationen ist erforderlich, um die Prüfwerte der BBodSchV für das Grundwasser (oder entsprechend abgeleitete Werte s. Abschn. 3.1.2.2) zur Bewertung heranziehen zu können. Die Frachtabschätzung wird im weiteren Verlauf der Untersuchung und Bewertung zur Feststellung des Gefahrenausmaßes benötigt (s.a. Abschn. 5.2).

- Neben der Abschätzung des Stoffeintrags zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist - unabhängig davon, ob Prüfwerte überschritten werden - eine Abschätzung der in überschaubarer Zukunft zu erwartenden **Eintragsentwicklung** erforderlich.

Insgesamt muss als Ergebnis der abschließenden Eintragsprognose die sachkundig erarbeitete und nachvollziehbar begründete Aussage darüber vorliegen, ob und ggf. inwieweit (Konzentrationen, Frachten) derzeit oder in überschaubarer Zukunft von der zu beurteilenden Fläche **ein erheblicher Schadstoffeintrag in das Grundwasser hervorgerufen wird bzw. zukünftig zu erwarten ist**. Dabei sind **alle** im Einzelfall in Betracht kommenden **Eintragspfade** zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser ist ggf. zusätzlich zu der Eintragsprognose zu untersuchen, ob durch die zu beurteilende Fläche bereits eine Grundwasserverunreinigung hervorgerufen wird (s. Kap. 4). Ist dies der Fall, so sind im Weiteren die Lage und Ausdehnung sowie die Konzentrationsverteilung innerhalb der Verunreinigung ("Fahne") festzustellen (**gegenwärtige Schadstoffausbreitung**). Wie bei der Betrachtung des Stoffeintrags ist auch bei einer bereits eingetretenen Grundwasserverunreinigung die **Entwicklung der Schadstoffausbreitung** in überschaubarer Zukunft abzuschätzen (s. Abschn. 4.2).

Auch in Fällen, in denen während der früheren Nutzung eines Altstandortes Schadstoffe direkt in das Grundwasser eingetragen wurden, ohne dass dabei eine Kontamination der ungesättigten Bodenzone erfolgte, sind im Rahmen der Gefährdungsabschätzung entsprechende Untersuchungen und Bewertungen durchzuführen.

3.1.2.1 Verfahrensübersicht

Wie die Gefährdungsabschätzung insgesamt, so besteht auch die **Eintragsprognose** typischerweise aus mehreren Elementen:

- Durchführung der erforderlichen und geeigneten Untersuchungen
- i.d.R. Abschätzung der Schadstoffkonzentration am Ort der Beurteilung oder bezüglich des Kontaktgrundwassers
- Prüfwertvergleich

- Abschätzung des gegenwärtigen Schadstoffeintrags nach Frachten
- Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten.

Der prinzipielle Aufbau einer Eintragsprognose ist schematisch in Abbildung 3.1 dargestellt.

Sowohl für die Untersuchungs- als auch für die Abschätzungsschritte stehen verschiedene **Methoden** zur Verfügung, die nach der BBodSchV anwendbar und im Einzelfall unterschiedlich gut geeignet sind. Die Wahl der Verfahren ist **einzelfallabhängig** durchzuführen und nachvollziehbar zu **begründen**. Mit Ausnahme der Analyseverfahren **schreibt die BBodSchV keine Verfahrensweisen oder Untersuchungsmethoden verbindlich vor**.

Die zur **Untersuchung** im Regelfall geeigneten **Methoden** werden in Abschnitt 3.2, ebenso wie in der BBodSchV, unterteilt in Untersuchungen "am Ort der Beurteilung" bzw. des Kontaktgrundwassers, Materialuntersuchungen, In-situ-Untersuchungen und Grundwasseruntersuchungen (s.a. Anh. 1). Je nach Fallgestaltung (Stoffe in Phase, leichtflüchtige Stoffe) kann für die Abschätzung des Stoffeintrags auch die Ermittlung von Schadstoffgesamtgehalten im Feststoff und die Berücksichtigung des chemisch-physikalischen Stoffverhaltens erforderlich sein. Schadstoffgesamtgehalte sind auch für die Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung von Bedeutung.

Können die erforderlichen Untersuchungen nicht "am Ort der Beurteilung" oder im Kontaktgrundwasser durchgeführt werden, ist vor einem Prüfwertvergleich ein **Abschätzungsschritt für das Sickerwasser bzw. Kontaktgrundwasser** durchzuführen.

Dabei muss im Falle von **Materialuntersuchungen** abgeschätzt werden, von welchen Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Bodenprobennahme (Quellstärke) auszugehen ist, und wie sich diese Konzentrationen vom Ort der Probennahme bis zum Ort der Beurteilung voraussichtlich verändern. Auch bei **Sickerwasseruntersuchungen**, die nicht am Ort der Beurteilung erfolgen, muss eine solche Abschätzung der Konzentrationsänderung bis zum Ort der Beurteilung erfolgen. Für die Abschätzung können "verbal-argumentative" oder mathematische Methoden eingesetzt werden (s. Abschn. 3.5.1 und 3.5.2).

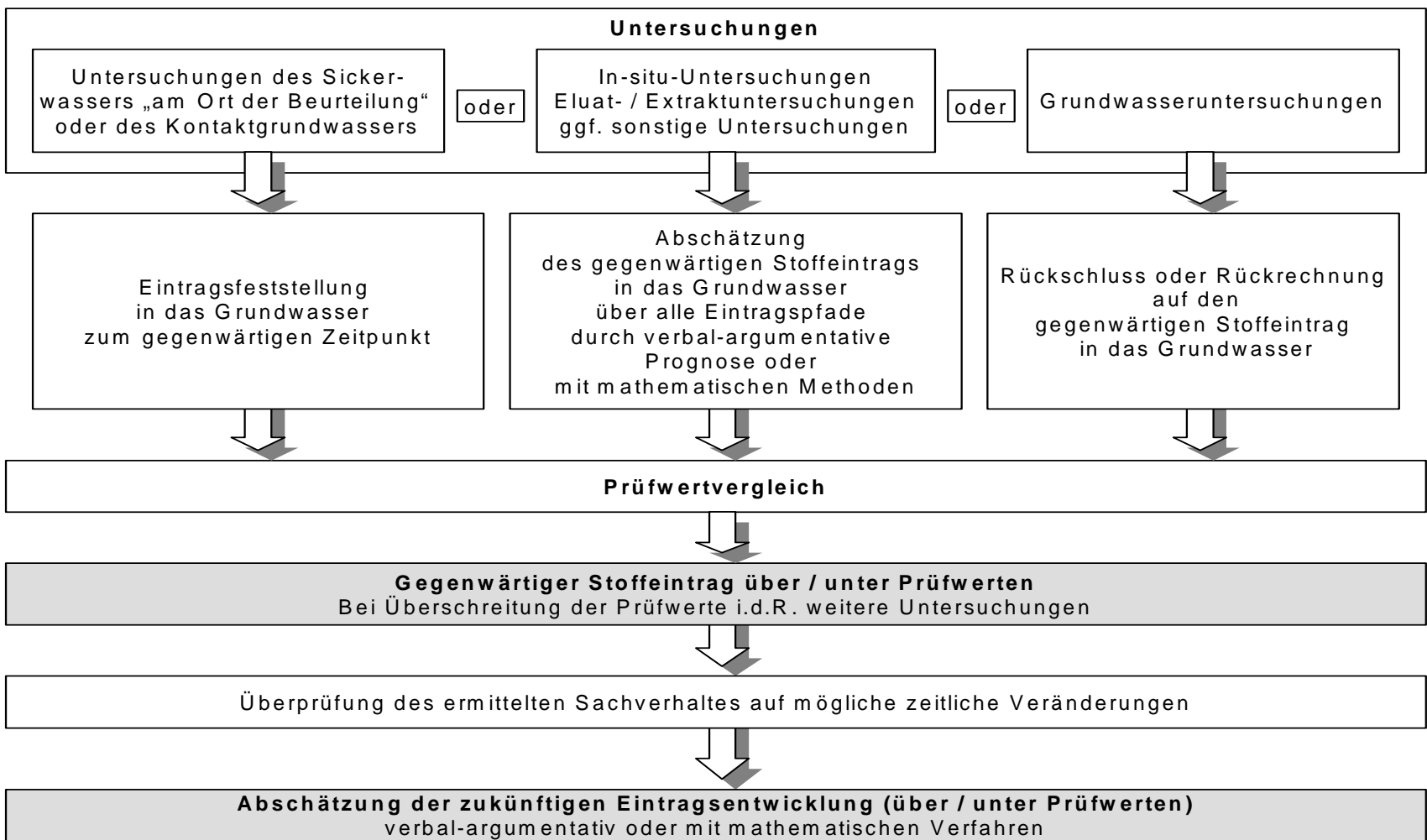


Abb. 3.1: Schematischer Aufbau einer Eintragsprognose

Werden für die Eintragsprognose **Grundwasser**untersuchungen mehr oder weniger entfernt vom Ort der Beurteilung durchgeführt, so kann die Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen durch Rückschluss bzw. Rückrechnung erfolgen. Dafür verfügbare Methoden werden in Abschnitt 3.5.3 dargestellt.

3.1.2.2 Bewertungsansätze

Durch den Vergleich der derart für den Ort der Beurteilung oder das Kontaktgrundwasser abgeschätzten bzw. ermittelten Schadstoffkonzentrationen mit

- den Prüfwerten nach Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV,
- entsprechend abgeleiteten Werten für Schadstoffe, für die in der BBodSchV keine Prüfwerte enthalten sind (§ 4 Abs. 5 Satz 1 BBodSchV)⁸, oder
- von der zuständigen Behörde im Einzelfall festgelegten Werten, die geogen bedingt erhöhte Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser berücksichtigen (Anhang 2 Nr. 3.2 Buchst. f) BBodSchV),

wird festgestellt, ob und ggf. inwieweit diese Werte zum gegenwärtigen Zeitpunkt am Ort der Beurteilung oder im Kontaktgrundwasser überschritten werden (s.a. Anwendungsregeln nach Nr. 3.2 BBodSchV).

Ergibt die Abschätzung der Sickerwasser- oder Kontaktgrundwasserkonzentration nur eine geringfügige Abweichung vom Prüfwert bzw. geogenen Hintergrundwert, ist unter Berücksichtigung der angewendeten Methode(n) darzulegen, mit welchem Grad an Wahrscheinlichkeit von einer Prüfwertüber- oder -unterschreitung auszugehen ist. Nähere Erläuterungen zur Bewertung und zu den Rechtsfolgen einer Prüfwertüberschreitung finden sich in Kapitel 2.

Zur Prognose der **zukünftigen Eintragsentwicklung** ist auf der Basis zusätzlicher Informationen und unter Berücksichtigung der standortspezifischen Abbau-, Rückhalte-, Mobilisierungs- und Verlagerungsprozesse für die überschaubare Zukunft abzuschätzen, wie sich der gegenwärtige Stoffeintrag in das Grundwasser entwickeln wird oder inwieweit in Zukunft ein Schadstoffeintrag zu erwarten ist.

⁸ vgl. Abschnitt 2.1.2.3, Fußnote 7

Zusätzliche Informationen können, je nach Schadstoffart, spezielle Elutionsuntersuchungen zur Feststellung mobilisierbarer Anteile oder Ergebnisse von Feststoffuntersuchungen zur Beurteilung des gesamten Schadstoffpotenzials liefern (s. Abschn. 3.4.2.2, 3.7 und Anh. 1). Auch diese Prognose kann "verbal-argumentativ" oder mit mathematischen Methoden erfolgen.

Die Untersuchungen und Beurteilungen des Grundwassers im Einflussbereich einer zu beurteilenden Fläche sind in Kapitel 4 dargelegt.

3.2 Untersuchungsmethoden

Die BBodSchV enthält in Anhang 1 Nr. 3.3 Regelungen über "*Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags aus Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser*". Nach Nr. 3.3 Satz 1 können "*Stoffkonzentrationen und -frachten im Sickerwasser und der Schadstoffeintrag in das Grundwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten in die gesättigte Bodenzone (Ort der Beurteilung) ... abgeschätzt werden, es sei denn, günstige Umstände ermöglichen eine repräsentative Beprobung des Sickerwassers am Ort der Beurteilung.*" Mit diesem Wortlaut lässt der Verordnungsgeber einerseits erkennen, dass er "günstige Umstände" als weniger wahrscheinlich erachtet und i.d.R. eine Abschätzung des Stoffeintrags erwartet. Die Vorschrift besagt andererseits aber auch, dass das Sickerwasser am Ort der Beurteilung zu beproben ist, wenn günstige Umstände im vorstehenden Sinne vorliegen.

Ob solche günstigen Umstände im Einzelfall vorliegen, ist in erster Linie nach Sinn und Zweck der Vorschrift zu beurteilen. Diese zielt für den Bereich der jeweiligen Probenahmestelle auf eine zutreffende Ermittlung der Sickerwasserkonzentration am Ende der Sickerstrecke unmittelbar vor Eintritt des Sickerwassers in die wassergesättigte Bodenzone ab. Da der Übergangsbereich von der ungesättigten in die wassergesättigte Bodenzone witterungsbedingt schwankt und die Entnahme technisch schwierig ist, wird es sich günstigstenfalls um eine **Beprobung in besonderer Nähe zu dem in Abschnitt 2.1.2.2 als Ort der Beurteilung konkretisierten Bezugsniveau** handeln. Daraus folgt, dass Analyseergebnisse auch in diesen Fällen in Bezug auf das Niveau "höchster Grundwasserstand" und auf womöglich verfälschende Einflüsse bei der Probennahme zu interpretieren sind (s.a. Abschn. 3.4.1).

Liegen Kontaminationen in der gesättigten Bodenzone vor, so ist das **Kontaktgrundwasser** der Ort, auf den die Beurteilung zu beziehen ist (vgl. Abschn. 2.1.2.3). Die vorgenannten Schwierigkeiten und Einschränkungen bezüglich der Übereinstimmung von Probenahmeort und Beurteilungsort sowie eine demzufolge häufig erforderliche Interpretation der Messwerte gelten sinngemäß auch für die "direkte" Beprobung des Kontaktgrundwassers.

Können die Proben nicht "am Ort der Beurteilung" bzw. im Kontaktgrundwasser entnommen werden, ist die zu beurteilende Konzentration jeweils abzuschätzen.

Die Abschätzung der **Sickerwasserkonzentrationen** am Ort der Beurteilung kann dabei nach Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV näherungsweise

- *"durch Rückschlüsse oder Rückrechnungen aus Untersuchungen im Grundwasserabstrom unter Berücksichtigung der Stoffkonzentrationen im Grundwasseranstrom, der Verdünnung, des Stoffverhaltens in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone sowie des Schadstoffinventars im Boden (s. Abschn. 3.2.4 u. 3.5.3) oder*
- *auf der Grundlage von Materialuntersuchungen im Labor (Elution, Extraktion), bei anorganischen Stoffen insbesondere der Elution mit Wasser ... auch unter Anwendung von Stofftransportmodellen" (s. Abschn. 3.4.2 u. 3.5.2)*

erfolgen.

Aus der Formulierung des § 4 Abs. 3 BBodSchV ("*Wird eine Sickerwasserprognose auf Untersuchungen nach Anhang 1 Nr. 3.3 gestützt*") leitet sich ab, dass neben den in der Verordnung explizit aufgeführten auch andere geeignete Untersuchungsmethoden zum Einsatz kommen können (vgl. auch Abschn. 2.2). Die gewählte Methode muss allerdings die fachlichen Vorgaben der BBodSchV berücksichtigen.

Die Abschätzung der Schadstoffkonzentration im **Kontaktgrundwasser** erfolgt durch Rückschluss aus Grundwasseruntersuchungen (An-/Abstromvergleich, s. Abschn. 3.5.3).

Jede einzelne in Betracht kommende Untersuchungsmethode weist spezifische Eigenschaften und Anwendungsgrenzen auf, so dass die Auswahl der geeigneten Methode nicht allgemein vorgegeben werden kann und auf die Bedingungen des Einzelfalls abzustellen ist. Die gewählten Untersuchungen sind an **Proben** durchzuführen, deren Anzahl und Entnahmestellen eine für die zu beurteilende Fläche **repräsentative** Aussage erlauben. Dabei ist zu beachten, dass sich abschließende Beurteilungen nicht auf die Er-

gebnisse einzelner Bodenproben oder einzelne Analyseergebnisse im Grundwasser stützen können, sondern je nach Fragestellung eine angemessene Zahl von Proben bzw. Wiederholungsuntersuchungen erforderlich ist.

Die Auswahl der **Untersuchungsparameter** richtet sich vor allem nach den Erkenntnissen über das mögliche Schadstoffpotenzial aus der standortbezogenen Erhebung für die zu beurteilende Fläche. Bei Altstandorten umfasst die Auflistung der zu untersuchenden Stoffe i.d.R. die sogenannten "branchentypischen" Schadstoffe. Für die Festlegung der Untersuchungsparameter können unterstützend sogenannte branchentypische Parameterkataloge herangezogen⁹ oder spezielle DV-Systeme eingesetzt werden (z.B. XUMA^{AMOR}). Diese Kataloge sollen bei der Untersuchungsplanung jedoch nicht schematisch angewendet werden. Vielmehr ist der Parameterumfang den speziellen Gegebenheiten des Einzelfalls anzupassen. Der in den v.g. Quellen vorgeschlagene Untersuchungsumfang muss kritisch bewertet und im Einzelfall um Parameter erweitert oder verringert werden, wenn dies auf Grund von angetroffenen Fremd Beimengungen, Ergebnissen der Vor-Ort-Analytik oder sensorischen Auffälligkeiten notwendig ist.

Grundsätzlich besteht kein Unterschied im Parameterumfang zwischen orientierenden Untersuchungen und Untersuchungen in der Detailphase. Bei orientierenden Untersuchungen kann es jedoch je nach Erkenntnisstand über das Schadstoffpotenzial aus den standortspezifischen Erhebungen erforderlich sein, zunächst einen größeren Parameterumfang zu wählen, der bei Negativbefunden im Rahmen der weiteren Untersuchungen reduziert werden kann.

Allgemeine Hinweise zu Beprobungsdichte und Parameterumfang finden sich insbesondere in der LAGA-Informationsschrift "Altablagerungen und Altlasten" (1990). Hinweise zur Festlegung angepasster Untersuchungsprogramme liefern Anhang 1 BBodSchV sowie die "Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung", die in einem Unterausschuss des Ständigen Ausschusses "Altlasten" (ALA) der Bund-/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet wurde und nach Freigabe zur Veröffentlichung auch auf der Internetseite des Landesumweltamtes NRW zugänglich sein wird¹⁰ (im Folgenden zitiert als AQA, 2002). Eine aktuelle Zusammenstellung von Untersuchungsparametern und dafür geeigneten Analyseverfahren für Abfall- und Altlastenuntersuchungen enthält das in Kürze erscheinende Merkblatt des LUA NRW¹¹.

⁹ UBA, 1989; KVR 1989; LfU BW 1993; LUA NRW 1993 und 1999

¹⁰ Bis zur Freigabe der Endfassung findet sich dort ein Entwurf dieser Arbeitshilfe, Stand 2001 (<http://www.lua.nrw.de/altlast/altqs.htm>)

¹¹ "Parameter und Analyseverfahren zur Untersuchung von Abfall, Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen" - LUA NRW, Schriftenreihe "Merkblätter", Entwurfsstand 08/2002

In Tabelle 3.2 sind die in Anhang 1 Nr. 3.1 (Tabelle 7) und Nr. 3.3 BBodSchV benannten Verfahrensweisen und (Labor-)Untersuchungsmethoden sowie weitere als geeignet anzusehende Untersuchungsmethoden zusammengestellt. Diese Methoden werden im Folgenden näher behandelt.

Tab. 3.2: Untersuchungsmethoden zur Abschätzung des Stoffeintrags in das Grundwasser

Verfahrensweisen zur Untersuchung	in der BBodSchV genannte Methoden	(sonstige) geeignete Methoden
Repräsentative Beprobung am Ort der Beurteilung	nicht näher spezifiziert	Saugkerzenmethode Grundwassersondierungen
Untersuchung des Kontaktgrundwassers	nicht genannt	Grundwassersondierungen permanente Messstellen
Materialuntersuchung	Bodensättigungsextrakt Ammoniumnitrat-Extrakt Elution nach DEV S4 spezielle Elutionsverfahren Säulenversuche Lysimeter-Versuch	Zentrifugation 2:1-Elution pH _{stat.} -Elution in Sonderfällen: Schadstoffgesamtgehalte
In-situ-Untersuchung	nicht näher spezifiziert	Saugkerzenmethode
Grundwasseruntersuchung	Messung im An- und Abstrom	Grundwassersondierungen permanente Messstellen

3.2.1 Beprobung des Sickerwassers "am Ort der Beurteilung" und des Kontaktgrundwassers

Zur "repräsentativen Beprobung des Sickerwassers am Ort der Beurteilung" sowie zur Untersuchung des Kontaktgrundwassers kommen grundsätzlich - wie für andere Fragestellungen auch - die Saugkerzenmethode oder Grundwassersondierungen/-untersuchungen in Frage (s. Abschn. 3.2.3, 3.2.4 und 3.4). Eine Besonderheit ist in diesem Zusammenhang lediglich, dass versucht wird, eine Probe möglichst nahe an dem Ort zu entnehmen, auf den sich die Beurteilung jeweils bezieht.

Das **Sickerwasser** kann dabei entweder mit Saugkerzen knapp oberhalb oder mit Grundwassersondierungen knapp unterhalb der Grundwasseroberfläche beprobt werden. Bei Wiederholungsmessungen ist die zeitliche Veränderung der Lage des Grundwasserspiegels bei der Messstelleneinrichtung und bei der Probennahmeplanung zu beachten. Hinweise zur Sickerwasseruntersuchung finden sich bei LAWA (2002). Für das **Kontaktgrundwasser** stehen als Methoden Grundwassersondierungen oder Untersuchungen in permanenten Messstellen zur Verfügung.

3.2.2 Materialuntersuchungen

Unter dem Begriff **Materialuntersuchungen** werden hier verschiedene **Extraktions- bzw. Elutionsverfahren** zur Ermittlung des unter den gegebenen Umständen **mobilen** Schadstoffanteils (**Quellstärke**) zusammengefasst. In Anhang 1 Nr. 3.1.2 und 3.3 BBodSchV genannt sind für anorganische Stoffe insbesondere der Bodensättigungsextrakt sowie der Ammoniumnitrat-Extrakt und die Elution nach DEV S4. Für die Untersuchung auf organische Stoffe wird auf Säulenversuche sowie Lysimeter-Versuche verwiesen (Einzelheiten zu diesen Untersuchungsmethoden enthält Anhang 1 zu dieser Vollzugshilfe). Falls ein Bodensättigungsextrakt im Einzelfall nicht oder nicht zweckmäßig durchzuführen ist, bieten sich ggf. eine 2:1-Elution oder die Zentrifugation von Bodenlösungen an.

Wenn im Rahmen des bei der Gefährdungsabschätzung zu betrachtenden Zeitraums ein Zutritt von sauren Sickerwässern, ein Zutritt von Lösungsvermittlern oder eine Änderung des Redoxpotenzials zu erwarten ist, sollen nach der BBodSchV entsprechend weitere Elutions-/Extraktionsverfahren angewendet werden. Diese Untersuchungen können Grundlagen zur Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung liefern (Ermittlung von unter veränderten Bedingungen **zusätzlich mobilisierbaren** Schadstoffanteilen, s.a. Abschn. 3.7). Zur Simulation des Zutritts saurer Sickerwässer steht die pH_{stat} -Methode (Anh. 1 Nr. 2.5 zu dieser Vollzugshilfe) zur Verfügung.

Für die Simulation des Zutritts von Lösungsvermittlern existieren bisher keine allgemein anerkannten Untersuchungsmethoden. Die in NRW entwickelte **SDS-Methode** (sodiumdodecyl-sulphate-Methode) wird für den routinemäßigen Einsatz bei der Eintragsprognose derzeit (noch) nicht empfohlen. Gegenwärtig befindet sich die Methodenbeschreibung noch in der Vorbereitung. Zudem liegen bisher erst wenige Ergebnisse von Untersuchungen mit Altlast-Materialien vor, die noch kein einheitliches Bild liefern. Auf eine Beschreibung in Anhang 1 dieser Vollzugshilfe und die fachliche Beurteilung der Untersuchungsmethode wird daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt verzichtet.

Gleiches gilt für **Lysimeter-Versuche**, obwohl sie in der BBodSchV erwähnt werden. Der Vorteil dieser Untersuchungsmethoden besteht darin, dass mit ihnen am ehesten die real in der Bodenlösung entstehenden Sickerwasserkonzentrationen abgebildet werden können. Allerdings sind Lysimeter-Versuche aufgrund des verfahrensbedingt hohen Zeit- und Arbeitsaufwandes in den meisten Einzelfällen zur Gefahrenbeurteilung unzweckmäßig. Der Versuchsaufbau ist zudem nicht genormt und kann mit sehr unterschiedlichem Maßstab im Freien oder im Labor sowie mit gestörten oder ungestörten Proben durchgeführt werden.

Wie bereits erwähnt (s. Abschn. 3.1.2.1), kann es bei besonderen Fallgestaltungen erforderlich sein, zur Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags auch die Ergebnisse von **Feststoffuntersuchungen** (Gesamtgehalte) heranzuziehen (Stoffe in Phase, leichtflüchtige Stoffe, s. Abschn. 3.5.1). Diese Ergebnisse sind auch für die Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung von Bedeutung.

Bei organischen Schadstoffen geben die chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften klare Hinweise auf das Verhalten dieser Stoffe in der ungesättigten Bodenzone. Informationen darüber können in Stoffdatenbanken wie z.B. STARS recherchiert werden. Bei leichtflüchtigen Schadstoffen, wie z.B. LHKW, kann die Einstufung der Mobilität allein aufgrund der chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften erfolgen.

3.2.3 In-situ-Untersuchungen

Unter In-situ-Untersuchungen wird in dieser Schrift eine **Beprobung des Sickerwassers** im Zusammenhang mit der Eintragsprognose verstanden, die **nicht** in unmittelbarer Nähe zum "**Ort der Beurteilung**" erfolgt. Derzeit steht dazu nur die Saugkerzenmethode (Anh. 1 Nr. 2.8 zu dieser Vollzugshilfe) zur Verfügung.

In der Literatur wird an verschiedenen Stellen auch die **Bodenluftuntersuchung** als In-situ-Verfahren zur Abschätzung der Konzentrationen leichtflüchtiger Substanzen im Sickerwasser diskutiert. Wegen der verfahrensbedingten, der aktuellen und der lokalen Abhängigkeiten bei der Probenahme sind aber kaum reproduzierbare Messergebnisse bei Bodenluftuntersuchungen zu erzielen. Die Umrechnung von Bodenluft- in Sickerwasserkonzentrationen bringt darüber hinaus weitere Probleme mit sich (2-Phasensystem in der Theorie, 3-Phasensystem in der Realität, zulässige Grenzkonzentrationen u.a.). Bodenluftuntersuchungen können daher **nicht** als eine geeignete Untersuchungsmethode angesehen werden, um **Sickerwasserkonzentrationen** zu ermitteln oder abzuschätzen. Aufgrund dieser Unsicherheiten enthält auch die BBodSchV keine Prüfwerte für die Bodenluft.

Im Gesamtrahmen einer Gefährdungsabschätzung können Bodenluftuntersuchungen jedoch - sofern von einer zu beurteilenden Fläche wiederholt bestätigte Messergebnisse vorliegen - wichtige Anhaltspunkte dafür liefern, ob und in welcher Dimension im Untergrund leichtflüchtige Stoffe vorhanden sind. Näheres zur Verwendbarkeit von Bodenluftmessungen enthält Abschnitt 3.4.2.

3.2.4 Grundwasseruntersuchungen

Grundwasseruntersuchungen können im Rahmen der Eintragsprognose eingesetzt werden, um

- das Sickerwasser "am Ort der Beurteilung", hier möglichst nahe unterhalb der Grundwasser Oberfläche,
- das Kontaktgrundwasser sowie
- das an- und abstromige Grundwasser möglichst nah an einer zu beurteilenden Fläche

zu beproben.

Im letztgenannten Fall können mit den Ergebnissen alle gegenwärtigen Stoffeinträge in das Grundwasser (auch das Kontaktgrundwasser) abgeschätzt oder in bestimmten Fällen auf die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung zurückgeschlossen/zurückgerechnet werden (s. Abschn. 3.5.3).

Weiterhin werden sie zur Untersuchung bereits eingetretener Grundwasserverunreinigungen benötigt (Kap. 4).

Grundwasseruntersuchungen können an permanenten Messstellen (Näheres zur Lage und Ausbau der Messstellen s. Kap. 4) oder mittels Grundwassersondierungen erfolgen. Für die Grundwassersondierung stehen die Direct-Push-Methode bzw. die BAT-Sonde oder Sondierverfahren mittels Verrohrung und verlorener Spitze/Rammfilter (Anh. 1 Nr. 2.9 zu dieser Vollzugshilfe) zur Verfügung.

3.3 Kriterien zur Methodenauswahl

Die Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethode richtet sich nach der fachlichen Eignung und nach der Verhältnismäßigkeit des Methodeneinsatzes im Einzelfall.

Bei der Beurteilung der **fachlichen Eignung** einer Untersuchungsmethode ist zu unterscheiden zwischen der rein methodischen Eignung unter den jeweiligen Randbedingungen und der Zweckmäßigkeit des Einsatzes.

Die **methodische Eignung** ist im Wesentlichen abhängig von der Art bzw. den Eigenschaften der Schadstoffe sowie den Eigenschaften des zu beprobenden Untergrundes (Festgestein, Lockergestein, Kornverteilung und damit Durchlässigkeiten und Sorptionseigenschaften). Daneben spielt die Tiefenlage der Kontamination bei verschiedenen Methoden eine Rolle. Einen zusammenfassenden Überblick gibt Tabelle 3.3. Die Anwendungsgebiete und -grenzen der einzelnen Untersuchungsmethoden sind detailliert in Anhang 1 beschrieben.

Tab. 3.3: Eignung von Untersuchungsmethoden in Abhängigkeit ausgewählter Randbedingungen (s. Erläuterungen im Text und Anh. 1)
(+ geeignet, ± bedingt geeignet, - nicht geeignet)

Untersuchungsmethode	Schadstoffart				Untergrund			
	anorganisch	organisch			Aufschüttung/ Lockergestein			Festgestein
		schwerflüchtig, leicht wasserlöslich	schwerflüchtig, gering wasserlöslich	leichtflüchtig	sandig-kiesig	grob Schluffig-sandig	fein Schluffig-tonig	
Bodensättigungsextrakt	+	+	1)	-	-	±	+	-
Zentrifugation	+	+	1)	-	±	+	+	
Ammoniumnitrat-Extrakt	±	-	-	-	+			
S4-Eluat	+	+	2)	-	+			
pH _{stat.} -Elution	±	1)	1)	-	+			
2:1-Elution	+	+	1)	-	+			
Säulenversuche	1)	+	+	-	+	+	±	
Saugkerzenmethode	+	3)	3)	-	-	+	±	-
Grundwassersondierung	+	+	+	+	+	+	±	-
Grundwasseruntersuchungen mittels permanenter Messstellen	+	+	+	+	+	+	±	±

¹⁾ theoretisch geeignet, es liegen aber kaum Erkenntnisse zur Eignung vor bzw. nur bei Anpassung des Filtrationsschrittes geeignet (s. Anh. 1)

²⁾ theoretisch geeignet, die Ergebnisse lassen sich jedoch z.Zt. nicht bewerten (s. Anh. 1 und Abschn. 3.4.2.2)

³⁾ Beurteilung aufgrund fehlender Erkenntnisse zu Wechselwirkungen des Saugkerzenmaterials mit solchen Stoffen derzeit nicht möglich (s. Anh. 1 Nr. 2.8)

Die bei Altlasten häufig vorkommenden Schadstoffe lassen sich grob in drei Gruppen einteilen: anorganische Stoffe, schwerflüchtige organische Stoffe, leichtflüchtige organische Stoffe. Eluat-/Extraktuntersuchungen und In-situ-Untersuchungen eignen sich nicht zur Bestimmung leichtflüchtiger Stoffe. Mit Grundwasseruntersuchungen lassen sich hingegen alle drei Schadstoffgruppen mit einem im Vergleich zu anderen Methoden vergleichsweise kleinen Fehler erfassen. Grundwasseruntersuchungen sind jedoch nicht zur Untersuchung von sehr gering durchlässigem Untergrund geeignet.

Vorbehaltlich der methodischen Eignung ist die **Zweckmäßigkeit** des Einsatzes der Untersuchungsmethoden im Einzelfall zu beurteilen. Diese hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- vorliegende Kenntnisse über die Fläche
- Art der Altlast (Altlablagerung, Altstandort)
- Größe der zu beurteilenden Fläche
- Art und Zusammensetzung der Materialien (Hausmüll, Bauschutt, Boden, Aufschüttung)
- Untergrundaufbau
- Verteilung der Schadstoffe
- Lage der Schadstoffquelle zur Grundwasseroberfläche
- vorliegende Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen
- Ziel der Untersuchung (Feststellung/Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser oder Prognose der zukünftigen Eintragsentwicklung).

Der Einsatz von Saugkerzen (**In-situ-Untersuchung**) ist nur bei homogen belasteten (Teil-)Flächen zweckmäßig. Sie sind darüber hinaus nur bei Lage der Schadstoffquelle in der ungesättigten Bodenzone einsetzbar. Um die Saugkerzen für eine Sickerwasseruntersuchung sachgerecht anordnen zu können, sind hinreichende Kenntnisse über den Untergrundaufbau (Schichtenfolge, Inhomogenitäten) und die hydrogeologische Standort-situation (Lage und Variabilität des Grundwasserspiegels) erforderlich. Aufgrund der methodenbedingten Dauer der Untersuchungen (möglicherweise Wochen bis Monate) ist der Einsatz von Saugkerzen je nach den Standortgegebenheiten und der Dringlichkeit der Untersuchungen unzweckmäßig.

Zur Untersuchung und Beurteilung von altlastverdächtigen Flächen ist ein repräsentativer Stichprobenumfang erforderlich. Aus diesem Grunde sind **Materialuntersuchungen** nur zweckmäßig bei Altlablagerungen mit homogenem Inhaltsspektrum (z.B. Monodeponien,

flächige Aufschüttungen von Bergematerial oder Schlacken, etc.) und flächig homogen belasteten Altstandorten. Sie lassen sich in diesen Fällen mit verhältnismäßig geringem Aufwand durchführen.

Bei Altablagerungen mit inhomogenem Abfallinventar und Altstandorten mit besonders ungleichmäßiger Schadstoffverteilung liefern Materialuntersuchungen nur ausnahmsweise repräsentative Ergebnisse oder wären sehr aufwändig; sie sind deshalb in diesen Fällen meist unzweckmäßig. An solchen Standorten ist die Abschätzung des Stoffeintrags durch Rückschluss oder eventuell auch durch Rückrechnung aus Abstrommessungen im Grundwasser unter Berücksichtigung insbesondere auch der Stoffkonzentration im Anstrom und der sonst in Anhang 1 Nr. 3.3 BBodSchV genannten Merkmale (vgl. Abschn. 3.5.3) häufig das zweckmäßigste Verfahren.

Bei der Auswahl einer geeigneten Materialuntersuchungsmethode ist insbesondere auch darauf zu achten, wozu im Einzelnen die Analysenergebnisse im Rahmen der weiteren Beurteilung verwendet werden können (s. Abschn. 3.4.2).

Vorteilhaft ist, dass auf der Basis von Materialuntersuchungen auch Aussagen zu zukünftigen Grundwassergefährdungen getroffen werden können, bereits bevor ein Schaden eingetreten ist.

Grundwasseruntersuchungen bieten die Möglichkeit, die Einträge fast aller grundwasserrelevanten Schadstoffe (auch) integral über eine größere Fläche zu erfassen. Mit ihnen kann jedoch lediglich festgestellt werden, ob bereits ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser stattgefunden hat. Um Grundwassermessstellen sachgerecht zu positionieren und auszubauen, sind - z.T. auch umfangreichere - Erkenntnisse über die hydrogeologische Standortsituation und die Schadstoffbelastung der zu beurteilenden Fläche erforderlich (s. Kap. 4). Die Zweckmäßigkeit des Einsatzes von Grundwasseruntersuchungen ist daher in Abhängigkeit vom Untersuchungsstand und den Standortgegebenheiten (z.B. auch große Flurabstände, Festgesteinsgrundwasserleiter) zu prüfen.

Untersuchungen von Kontaminationen in Festgesteinsaquiferen sind grundsätzlich schwierig. Die Ausbreitung von Schadstoffen in gelöster Form oder als Phase erfolgt auf Klüften, Störungen, Auflockerungszonen o.ä., die präferenzielle Fließpfade darstellen. Verfahrensbedingt lassen sich unterhalb der Auflockerungszone im Festgestein nur Grundwasseruntersuchungen in permanenten Messstellen durchführen. Aber auch diese sind nur bedingt geeignet, da der Einzugsbereich einer Grundwassermessstelle je nach

den örtlichen Gegebenheiten im Grundwasserleiter kleinräumig schwanken kann und insgesamt nur sehr schwierig feststellbar ist. Eine repräsentative Beprobung des Aquifers bzw. des An- und Abstroms einer zu beurteilenden Fläche gestaltet sich daher häufig schwierig und kann sehr aufwändig sein. Hinweise für Grundwasseruntersuchungen im Festgestein gibt auch der Leitfaden von COLDEWEY & KRAHN (1991).

Bei der Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethode ist zusätzlich die **Verhältnismäßigkeit** im konkreten Anwendungsfall zu berücksichtigen (s. Abschn. 5.4).

3.4 Fachliche Beurteilung der Analysenergebnisse

3.4.1 Beprobung des Sickerwassers "am Ort der Beurteilung" und des Kontaktgrundwassers

Wenn repräsentative Beprobungen des Sickerwassers "am Ort der Beurteilung" oder des Kontaktgrundwassers durchgeführt werden können (s.a. Abschn. 3.2.1), so ist im Idealfall zur Beurteilung des **gegenwärtigen** Stoffeintrags ein **direkter Vergleich** der Ergebnisse mit den Prüfwerten (s. Abschn. 3.1.2.2) möglich. Es ist im Einzelfall darzulegen, inwieweit unter den jeweiligen Rahmenbedingungen der Probennahme tatsächlich von einer "repräsentativen" Beprobung ausgegangen werden kann, die diesen direkten Prüfwertvergleich vertretbar macht. Verfahrensbedingt ist i.d.R. von einer gewissen räumlichen Distanz zwischen Messstelle und den Orten auszugehen, auf die sich die Beurteilung bezieht. Daher sind die Analysenergebnisse unter diesem Gesichtspunkt kritisch zu prüfen und ggf. in Abhängigkeit von der jeweils erzielbaren "Ortsnähe" zu interpretieren.

3.4.2 In-situ- und Materialuntersuchungen

Wie in Abschnitt 3.2.3 ausgeführt, werden **Bodenluftuntersuchungen nicht** als geeignete Untersuchungsmethode zur Ermittlung von Schadstoffkonzentrationen **im Sickerwasser oder Grundwasser** angesehen. Liegen aber Ergebnisse von Bodenluftuntersuchungen vor, so können diese **qualitativ** zur Einschätzung einer möglichen Grundwassergefährdung herangezogen werden. Sind wiederholt und flächenhaft signifikante Schadstoffkonzentrationen in der Bodenluft gemessen worden (d.h. im ländlichen Raum etwa oberhalb der Nachweisgrenzen, im städtischen Raum ca. oberhalb der doppelten Nachweis-

grenzen), sollten weitere Sachverhaltsermittlungen¹² durchgeführt sowie eventuell auch Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen herangezogen werden. Es ist zu beachten, dass **Bodenluftuntersuchungen allein nicht zum Ausschluss** einer Grundwassergefährdung durch leichtflüchtige Stoffe ausreichen. Je nach Fallgestaltung kann eine erhebliche Grundwasserbelastung vorliegen, auch ohne dass in der Bodenluft nachweisbare Konzentrationen festgestellt werden.

Die Ergebnisse der in Abschnitt 3.2.2 und 3.2.3 aufgeführten **Material-Untersuchungs- und Saugkerzenmethoden** bilden die Verhältnisse realer Bodenlösungen in unterschiedlicher Näherung ab. Unter Beachtung der in Anhang 1 beschriebenen Anwendungsbereiche und -grenzen unterscheidet sich die Verwendbarkeit der Analyseergebnisse für weitere fachliche Beurteilungen.

3.4.2.1 Realitätsnahe Methoden

Weitgehend **realitätsnahe Ergebnisse**, d.h. eine für die Eintragsprognose hinreichend genaue Abbildung der tatsächlichen Bodenlösung, liefern nach derzeitigem Stand die folgenden Methoden:

- Bodensättigungsextrakt,
- Säulenelution (nach LUA-Merkblatt 20) und
- Saugkerzenmethode

Darüber hinaus wird für die nachfolgend genannten Methoden eine hinreichend genaue Abbildung der tatsächlichen Bodenlösung vermutet, wobei jedoch derzeit erst wenige Erfahrungswerte vorliegen:

- 2:1-Elution
- Zentrifugation

Die mit den vorgenannten Methoden ermittelten Stoffkonzentrationen können unmittelbar als Eingangsgröße für die Abschätzung der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung (Transportprognose) verwendet werden.

¹² z.B. Grundwasseruntersuchungen, weitere Eingrenzung der Schadstoffquelle, Feststoffuntersuchungen (HLUG, 2000) und Abschätzung über die chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften

Sollten im Einzelfall Materialuntersuchungen an Proben durchgeführt werden, die "vom Ort der Beurteilung" oder aus der gesättigten Zone im Bereich des Kontaktgrundwassers stammen, können die Analysenergebnisse aus dieser Gruppe von Methoden unter Beachtung der Einschränkungen in Abschnitt 3.4.1 ebenfalls direkt zum Prüfwertvergleich herangezogen werden.

3.4.2.2 Sonstige Methoden

Folgende Methoden bilden die Bedingungen in der realen Bodenlösung verfahrensbedingt im Allgemeinen nicht ab:

- Ammoniumnitrat-Extraktion
- S4-Eluat nach DIN 38 414-4 und
- $\text{pH}_{\text{stat.}}$ -Elution

Die Messergebnisse dieser Methoden können somit nur unter bestimmten Annahmen oder Voraussetzungen und nur als Orientierungswerte für weitere fachliche Beurteilungen verwendet werden.

Liegen bereits Ergebnisse aus dieser Gruppe von Methoden vor (z.B. aus der Untersuchung anderer Gefährdungspfade) oder sind bei der Bearbeitung aus anderen Gründen solche Untersuchungen durchzuführen (etwa für die Beurteilung der Verwertbarkeit von Materialien), so können die Resultate im Hinblick auf eine Einschätzung der Grundwassergefährdung wie folgt herangezogen werden:

S4-Eluat nach DIN 38 414-4

Die mit dieser Methode erzielten Eluatkonzentrationen sind aufgrund des hohen Flüssigkeits-/Feststoff-Verhältnisses für **Schwermetalle und gut lösliche anorganische Stoffe** theoretisch **niedriger** als die Konzentrationen realer Bodenlösungen. Falls die mit dieser Methode ermittelten Konzentrationen dieser Stoffe **über** den Prüfwerten der BBodSchV liegen, ist somit davon auszugehen, dass **auch die Konzentrationen in der Bodenlösung die Prüfwerte überschreiten.**

Weitere Ergebniseinschätzungen sind anhand der in **Anhang 2, Tabelle 1** aufgeführten **Orientierungswerte** möglich. Diese wurden im Zusammenhang mit der Verwertung von Bodenmaterialien abgeleitet¹³. Bei Einhaltung dieser Orientierungswerte im S4-Eluat kann vom **Unterschreiten der Prüfwerte** für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probennahme **und** am Ort der Beurteilung sowie im Kontaktgrundwasser ausgegangen werden. Überschreiten die Konzentrationen von S4-Eluaten diese **Orientierungswerte**, kann daraus jedoch nicht zwangsläufig auch auf eine **Prüfwertüberschreitung** am Ort der Probennahme geschlossen werden. Für diese Feststellung sind vielmehr die Ergebnisse anderer geeigneter Untersuchungen erforderlich.

Sollen im Einzelfall weitere Materialuntersuchungen durchgeführt werden, wird die Wahl einer der o.g. realitätsnahen Methoden empfohlen.

Ammoniumnitrat-Extrakt

Falls aus der Untersuchung des Wirkungspfads Boden-Pflanze Analysenwerte für **Schwermetalle und Arsen** im Ammoniumnitrat-Extrakt vorliegen, können diese ebenfalls zur Abschätzung der Grundwassergefährdung herangezogen werden. Wie in Anhang 1 beschrieben, liegen die Konzentrationen des Ammoniumnitrat-Extrakts i.d.R. **über** denen realer Bodenlösungen. Falls im Einzelfall mit dieser Methode Stoffkonzentrationen (umgerechnet in µg/l) bestimmt werden, die **unterhalb** der Prüfwerte der BBodSchV liegen, ist **auch vom Unterschreiten der Prüfwerte in der realen Bodenlösung auszugehen**.

Eine weitere Einschätzung der Ergebnisse von Ammoniumnitrat-Extrakt-Untersuchungen ist anhand der in **Anhang 2, Tabelle 2** aufgeführten **Orientierungswerte** möglich. Bei Einhaltung dieser Orientierungswerte im Ammoniumnitrat-Extrakt kann vom **Unterschreiten der Prüfwerte** für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probennahme **und** am Ort der Beurteilung sowie im Kontaktgrundwasser ausgegangen werden. Überschreiten die Konzentrationen von Ammoniumnitrat-Extrakten diese **Orientierungswerte**, kann wie bei der Elution nach DIN 38 414-4 auch hierbei nicht zwangsläufig auf eine **Prüfwertüberschreitung** am Ort der Probennahme geschlossen werden. Für diese Feststellung sind ebenfalls die Ergebnisse anderer geeigneter Untersuchungen erforderlich.

¹³ Wegen des Zusammenhangs mit dem Regelwerk der LAGA über die Verwertung mineralischer Abfälle sollten Änderungen dieses Regelwerkes und der darin enthaltenen Konzentrationswerte beachtet werden.

pH_{stat.}-Elution

Mit dieser Methode wird üblicherweise untersucht, wie sich die **Mobilität von Schwermetallen und Metalloiden** unter veränderten Milieubedingungen (zunehmend saures bzw. basisches Milieu) **verändert**. Bei Altlasten ist meist nur die Betrachtung der Versauerung (zunehmend saures Milieu) bedeutsam. Die **Abbildung realer Bodenlösungen ist i.d.R. nicht Ziel** der Methode. Es ist somit meist nicht sinnvoll, Ergebnisse von pH_{stat.}-Untersuchungen zur Abschätzung einer derzeitigen Grundwassergefährdung als Eingangsgröße für eine Transportprognose zu verwenden oder mit Prüfwerten zu vergleichen. Die Durchführung solcher Versuche kann jedoch für die Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung wichtig sein.

Der Versuch kann mit unterschiedlich eingestellten, festen pH-Werten durchgeführt werden. Für den jeweils eingestellten pH-Wert liefert die Methode zwei Ergebnisse:

1. Über den Säureverbrauch kann die Zeit berechnet werden, die vergeht, bis in dem untersuchten Material der eingestellte pH-Wert erreicht ist (**Pufferkapazität**).
2. Über die Konzentration werden die bei diesem pH-Wert **zusätzlich mobilisierbaren Stoffanteile** bestimmt.

Bei Metallen und Metalloiden ist eine stoffspezifische Löslichkeit in Abhängigkeit des pH-Wertes gegeben. Cadmium, Nickel und Zink lösen sich verstärkt ab pH-Werten < 6. Kupfer geht bei Werten < pH 5 - 6, Blei geht ab Werten < pH 4 - 5 verstärkt in Lösung. Die Löslichkeit von Chromverbindungen nimmt erst bei pH-Werten < 4 deutlich zu.

Die Titration bei pH 4 markiert den Endpunkt der Versauerungsentwicklung in Böden. (Niedrigere pH-Werte treten im Allgemeinen nur bei stark versauerten - und meliorationsbedürftigen - Waldböden auf.) Damit wird also der insgesamt mobilisierbare Anteil aller Metalle in Böden bis zur Endversauerung bestimmt (worst case). Je nach Stoffspektrum kann es sinnvoll sein, den pH_{stat.}-Versuch bei höheren pH-Werten als 4 durchzuführen, da bestimmte Stoffe vorher schon in erheblichem Umfang mobilisiert werden (s.o.).

Für die Beurteilung der Versauerungsentwicklung des Bodens ist es wichtig, im Versuch kontinuierlich den Säureverbrauch in Abhängigkeit des pH-Wertes zu messen. Aus dem Säureverbrauch der pH_{stat.}-Elution (bis min. pH 4) kann die Säureneutralisations-Kapazität der untersuchten Probe (SNK_{Probe}) bis zum eingestellten End-pH-Wert abgeschätzt werden. Über die Säuremenge des eingetragenen Niederschlags pro Jahr (H⁺_{Nds}), die

Schichtdicke und die Lagerungsdichte (LD) der Bodenschicht, für die die Probe repräsentativ ist, erhält man über die Beziehung

$$SNP_{BS} = \frac{d_{Probe} \cdot LD \cdot SNK_{Probe}}{H_{Nds}^+}$$

das Säureneutralisationspotenzial SNP_{BS} einer Bodenschicht definierter Schichtdicke (SNP_{BS}) in Jahren. In Anhang 2, Tabelle 3 sind Vergleichswerte ausgewählter Böden (Einzelwerte) zusammengestellt.

Die Auswertung erlaubt Rückschlüsse auf die Dauer von Versauerungsvorgängen bis zum jeweils konstant gehaltenen pH-Wert. Erst nach den in Anhang 2, Tabelle 3 genannten Zeiten würden die bei pH 4 mobilisierbaren Stoffgehalte der untersuchten Schicht in das Sickerwasser freigesetzt werden, wenn der im Verlauf der fortschreitenden Versauerung (bis pH 4) mobilisierte Anteil nicht bereits vorher verlagert wird (theoretischer, ungünstiger Fall). Zu beachten ist, dass die Grundwasserdeckschicht unterhalb des untersuchten Horizonts ebenfalls noch Säureneutralisationskapazität aufweisen kann.

Zur Beurteilung der ermittelten Konzentrationen bei pH 4 können die **Orientierungswerte** in **Anhang 2, Tabelle 4** herangezogen werden. Bei **Unterschreiten** dieser Orientierungswerte kann davon ausgegangen werden, dass **während und nach Ablauf der Versauerungsvorgänge allenfalls geringfügige** Belastungen im Sickerwasser entstehen. Die Orientierungswerte für das $pH_{4,stat}$ -Eluat ($OW_{pH_{4,stat}}$) wurden auf der Basis von Hintergrundgehalten nicht spezifisch belasteter Böden in Nordrhein-Westfalen unter Berücksichtigung eines geringen zusätzlichen Stoffeintrags abgeleitet.

3.4.3 Grundwasseruntersuchungen

Die Verwendbarkeit von Grundwasseranalysen für die Eintragsprognose ist vor allem abhängig davon, inwieweit die Lage der Messstellen im An- und Abstrom einer zu beurteilenden Fläche repräsentativ und der Messstellenausbau an die Schadstoffverteilung im Untergrund angepasst ist (s. hierzu Kap. 4).

Die Ergebnisse müssen dahingehend interpretiert werden, ob aufgrund von Lage und Ausbau der Messstellen ein aussagefähiger An-/Abstromvergleich und damit eine Abschätzung aller derzeitigen Stoffeinträge in das Grundwasser sowie das Erkennen signifi-

kanter Konzentrationsunterschiede möglich ist (s. Abschn. 4.1.7). Dabei ist v.a. zu berücksichtigen, ob möglicherweise die Verdünnung einer Grundwassermischprobe mit nichtkontaminiertem Grundwasser so groß ist, dass trotz einer Prüfwertunterschreitung in der Probe ein erheblicher Stoffeintrag aus der zu beurteilenden Fläche nicht auszuschließen ist (s. Abschn. 3.5.3 und 4.1.3).

3.5 Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser nach Konzentrationen

3.5.1 Abschätzung von Stoffeinträgen, die nicht mit dem Sickerwasser erfolgen

In der ungesättigten Bodenzone können Schadstoffe auch auf anderem Weg als über das Sickerwasser in das Grundwasser verlagert werden. Ein Eintrag leichtflüchtiger Stoffe kann z.B. diffusiv/gravitativ auch über die Bodenluft erfolgen. Weiterhin ist eine aktive Verlagerung fluider Phasen ohne Wasserzutritt möglich.

Die Abschätzung eines Stoffeintrags **leichtflüchtiger Substanzen** allein über die Bodenluft in das Grundwasser ist schwierig. Hinweise zur Beurteilung von Bodenluftergebnissen enthalten die Abschnitte 3.2.3 und 3.4.2. Zur weiteren Abschätzung von (möglichen) Grundwassergefährdungen sind in diesem Fall meist zusätzliche Untersuchungen (Grundwasseruntersuchungen, Feststoffuntersuchungen nach HLUG, 2000) und Überlegungen (Stoffeigenschaften, aber z.B. auch Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen) erforderlich.

Flüssigkeiten können sich - je nach Konzentration im Untergrund - auch unabhängig von Sickerwasserzutritten aktiv als Phase verlagern. Die Verlagerung von Flüssigkeiten durch die ungesättigte Bodenzone ins Grundwasser ist entscheidend vom freigesetzten Gesamtvolumen des Stoffs, dem Freisetzungsort und dem Rückhaltevermögen der ungesättigten Bodenzone abhängig. Das Rückhaltevermögen des Bodens (**Residual- oder Restsättigung**) ist zu großen Anteilen von seiner Fähigkeit abhängig, Flüssigkeiten in den Porenräumen zu speichern. Dieser Effekt darf nicht mit dem Adsorptionsverhalten eines Mediums für gelöste Bestandteile verwechselt werden. Die Residualsättigung ist von der Viskosität der Flüssigkeit, dem Porenwasser- und Porenluftanteil, dem Gesamtporenvolumen, der Kornverteilung im Substrat und der Temperatur abhängig und beträgt z.B. für undegradierete Mineralöle wenige Zehner Liter pro m³ im Lockergestein (UBA, 1990; WALZENBACH, 1991).

Bei der Untersuchung der Stoffausbreitung ist zu differenzieren, ob die beteiligte Flüssigkeit als zusammenhängende Phase (kohärent) oder fein verteilt in Form von kleinen Tröpfchen (inkohärent) vorliegt. Inkohärent verteilte fluide Phasen, d.h. Phasen in Form von insularen Phasenelementen, können nur durch Strömungskräfte des Sickerwassers transportiert werden. Kohärente Phasen können dagegen allein gravitativ bewegt werden. Näheres zur Berechnung findet sich in Anhang 3.

Beispiele für Konzentrationen von Schadstoffen bei Residualsättigung in Abhängigkeit vom Substrat zeigt Anhang 3, Tabelle 1.

Wird die Residualsättigung der betrachteten Flüssigkeit in einer Bodenprobe überschritten, ist ein aktiver Schadstofftransport anzunehmen. Dies bedeutet, dass bei Überschreitung der Residualsättigung bei kohärenten Phasen auch ohne Wasserzutritt ein Stoffeintrag in das Grundwasser möglich ist.

In Anhang 3, Tabelle 2 ist für einige Kohlenwasserstoffe und LHKW das Verhältnis der Filtergeschwindigkeiten V_{fi}/V_{fw} angegeben. Aus der Tabelle wird deutlich, dass dieser Wert bei Benzin, Benzol und den meisten CKW deutlich größer ist als derjenige von Wasser. Bei den Dieselkraftstoffen und Heizölen ist der Wert erheblich niedriger. Im Allgemeinen bewegen sich daher Mineralölphasen im Untergrund langsamer und reine Phasen von Benzin, Benzol und LHKW schneller als Wasser (MATTHESS & UBELL, 1983). Weitere Hinweise zum Transport von fluiden Phasen im Boden finden sich z.B. in LEG (1992).

3.5.2 Abschätzung von Stoffeinträgen anhand von In-situ- oder Materialuntersuchungen

3.5.2.1 Verbal-argumentative Abschätzung

Falls die zur Eintragsprognose erforderlichen Untersuchungen (vgl. Kap. 3, Abb. 3.1) nicht am "Ort der Beurteilung" oder im Kontaktgrundwasser durchgeführt werden können, ist der derzeitige Stoffeintrag aus einer zu beurteilenden Fläche in das Grundwasser aufgrund der sonst in der BBodSchV genannten Verfahrensweisen abzuschätzen. Diese Abschätzung kann qualitativ anhand der Ergebnisse von Material- oder In-situ-Untersuchungen auf der Basis der Eigenschaften der vorliegenden Schadstoffe/Schadstoffgemische und unter Berücksichtigung aller verfügbaren Erkenntnisse der örtlichen Sachverhalte erfolgen. Auch die Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen können hinzugezogen

werden. Die Abschätzung über Grundwasseruntersuchungen ist in Abschnitt 3.5.3 beschrieben.

In der Regel beschränkt sich diese "**verbal-argumentative**" **Abschätzung** darauf, nachvollziehbar und begründet abzuleiten, **ob von der zu beurteilenden Fläche ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser stattfindet bzw. stattfinden wird, der über den Prüfwerten** (s.a. Abschn. 2.2) **der BBodSchV für das Grundwasser liegt, oder ob dies nicht der Fall ist.** Anschließend ist das Ausmaß des Stoffeintrages zu beurteilen.

Die im Weiteren aufgeführten Überlegungen sind generell anzustellen. Die benötigten Daten und Erkenntnisse sind für die zu beurteilende Fläche repräsentativ zu erheben oder hinreichend genau abzuschätzen sowie nach bestem fachlichen Wissen zu beurteilen.

Es sind zwei Vorgehensweisen denkbar:

A Ausschluss oder sichere Annahme eines erheblichen Stoffeintrags anhand einfacher Überlegungen

Unter bestimmten Voraussetzungen kann bereits auf der Basis verhältnismäßig einfacher Überlegungen im Einzelfall ein erheblicher (s. Abschn. 2.1.2.1) Stoffeintrag in das Grundwasser mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen oder im Gegenteil mit großer Sicherheit angenommen werden.

Für diese Überlegungen sind folgende **Informationen** erforderlich:

- Oberflächenbeschaffenheit (Versiegelung)
- Möglichkeit von Wasserzutritten außer Niederschlagswasser (z.B. undichte Kanäle)
- Abstand zum Ort der Beurteilung (s. Abschn. 2.1.2.2)
- Grundwasser-Überdeckung zwischen Unterkante der Kontamination und der Grundwasseroberfläche (Mächtigkeit, Durchlässigkeit)
- Größe und Lage der Schadstoffquelle (in der gesättigten und/oder der ungesättigten Zone)
- Schadstoffart (Mobilität)
- mobiler Schadstoffanteil (Quellstärke)

Vom **Ausschluss eines Stoffeintrags** oberhalb der Prüfwerte kann i.d.R. ausgegangen werden, wenn:

- die mit einer realitätsnahen Material-Untersuchungsmethode (vgl. Abschn. 3.4.2.1) oder mit In-situ-Untersuchungen ermittelte Konzentration der Bodenlösung am Ort der Probennahme die Prüfwerte der BBodSchV für den Pfad Grundwasser unterschreiten (in diesem Fall ist ein Ausschluss immer gegeben), oder
- kein Sickerwasser entsteht, weil die Fläche vollständig und dauerhaft versiegelt (überbaut, asphaltiert, betoniert) ist und kein sonstiger Wasserzutritt - z.B. durch undichte Kanäle - erfolgen kann
und
die Schadstoffquelle mit Sicherheit über dem Ort der Beurteilung (s. Abschn. 2.1.2.2) liegt
und
keine mobilen Stoffe in Phase oberhalb der Residualsättigung (z.B. MKW, LHKW¹⁴, BTEX, Teeröle) vorliegen, oder
- Eluatuntersuchungen nach DIN 38 414-4 oder Extraktionsuntersuchungen mit Ammoniumnitrat für eine repräsentative Zahl von Proben vorliegen
und
nur Schadstoffe vorliegen, die in Anhang 2, Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 aufgeführt sind
und
die in Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 genannten Orientierungswerte nicht überschritten werden
und
Kontaminationen nur in der ungesättigten Zone und nicht als mobile Phasen (s.o.) vorliegen, oder
- Eluatuntersuchungen nach DIN 38 414-4 für eine repräsentative Zahl von Proben vorliegen
und
nur Schadstoffe vorliegen, die in Anhang 2, Tabelle 5 aufgeführt sind
und
die in dieser Tabelle genannten Orientierungswerte nicht überschritten werden
und
Kontaminationen nur in der ungesättigten Zone und nicht als mobile Phasen (s.o.) vorliegen
und
der Grundwasserleiter von einer mindestens 2 m mächtigen, nicht kontaminierten Deckschicht aus Tonen, Schluffen oder Lehmen geschützt wird.

¹⁴ Bei Vorliegen von LHKW ist der sichere Ausschluss von erhöhten Stoffeinträgen in das Grundwasser allein auf der Basis von Materialuntersuchungen schwierig.

Bei den drei letztgenannten Fallgestaltungen basiert die Entscheidung über einen Gefahrenausschluss vor allem auch auf Randbedingungen der Fläche, die ggf. Veränderungen unterworfen sein können (Versiegelung, Lage der Grundwasseroberfläche, Grundwasserüberdeckung). In diesen Fällen muss der Fortbestand dieser bestimmenden Randbedingungen regelmäßig sichergestellt werden.

Umgekehrt kann ein **Stoffeintrag** über den Prüfwerten i.d.R. **immer unterstellt** werden, wenn:

- die mit realitätsnahen Methoden (s. Abschn. 3.4.2.1) ermittelten Konzentrationen die Prüfwerte der BBodSchV für das Grundwasser überschreiten
und
die Schadstoffquelle ganz oder teilweise in der gesättigten Bodenzone liegt oder
- mobile Stoffe in Phase oberhalb der Residualsättigung vorliegen (z.B. MKW, LHKW, BTEX, Teeröle) oder
- die Schadstoffquelle in der ungesättigten Bodenzone liegt
und
die mit einer realitätsnahen Methode ermittelte Konzentration der Bodenlösung am Ort der Probennahme die Prüfwerte der BBodSchV für das Grundwasser überschreitet
und
der Grundwasserleiter nicht von einer mindestens 2 m mächtigen, nicht kontaminierten Deckschicht aus Tonen, Schluffen oder Lehmen geschützt wird,
und
der Abstand zum Ort der Beurteilung (s. Abschn. 2.1.2.2) gering ist.

Kann durch die o.g. Überlegungen ein Stoffeintrag über den Prüfwerten in das Grundwasser mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen oder mit Sicherheit unterstellt werden, ist die Eintragsprognose für den gegenwärtigen Zeitpunkt mit den genannten einfachen Überlegungen abgeschlossen.

Zusätzliche Überlegungen, wie in Punkt B beschrieben, sind in solchen Fällen zur Eintragsprognose des gegenwärtigen Zeitpunkts nicht erforderlich.

B Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags unter näherer Berücksichtigung von Abbau- und Rückhaltewirkungen

In allen anderen als den unter Punkt A aufgeführten Fällen, in denen die Schadstoffquelle **nur in der ungesättigten Bodenzone** vorliegt, sind für die Eintragsprognose Abbau- und Rückhalteprozesse in der ungesättigten Zone vertieft zu berücksichtigen. Dabei sind Art, Eigenschaften, Konzentrationen und räumliche Verteilung der vorhandenen Schadstoffe bzw. Schadstoffgemische sowie der Untergrundaufbau differenzierter zu betrachten.

Die BBodSchV benennt hierfür folgende bedeutende Kriterien:

- Grundwasserflurabstand
- Bodenart
- Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt)
- pH-Wert
- Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate
- Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe

Ergänzend und konkretisierend dazu sind folgende Kriterien zu nennen:

- Grundwasserflurabstand: Schwankungsbreite
- Bodenart: Aufbau und Eigenschaften der nicht kontaminierten Grundwasser-Überdeckung (Korngrößenzusammensetzung, Schichtenfolge, Mächtigkeiten), und daraus abgeleitet: Durchlässigkeiten und Adsorptionsvermögen
- Gehalt an organischer Substanz: Art der organischen Substanz (Humus, Kohlepartikel, Torf), Adsorptionsvermögen gegenüber lipophilen organischen Stoffen, Redoxmilieu
- pH-Wert: Sorptionsfähigkeit vor allem gegenüber Metallen, Pufferkapazität,
- Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate: Niederschlag, Oberflächenbeschaffenheit/Bewuchs, Hangneigung, Bodenart, Feldkapazität zur Ermittlung der Austauschhäufigkeit des Sickerwassers, ggf. Transport auf bevorzugten Sickerwegen ("preferential flow")
- Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe: physikalisch-chemische Eigenschaften, Wechselwirkungen, biotische und abiotische Abbaubarkeit
- Eluat-/Extraktkonzentrationen aus dem belasteten Bereich
- Standortgeschichte
- Erfahrungen aus vergleichbaren Fallgestaltungen

Für die Abschätzung werden diese Faktoren mit hydro(geo)logischen, bodenphysikalischen, biologischen und physikochemischen Prozessvorstellungen verknüpft und in ein Gedankenmodell zur Stoffverlagerung integriert.

3.5.2.2 Abschätzung mit mathematischen Methoden

Wie in Abschnitt 3.5.2.1 dargestellt, beschränkt sich die verbal-argumentative Abschätzung in der Regel darauf, qualitativ und näherungsweise abzuleiten, ob ein Stoffeintrag in das Grundwasser stattfindet, der über den Prüfwerten der BBodSchV liegt, oder ob nicht. Ziel des Einsatzes mathematischer Methoden ist es in diesem Zusammenhang, eine **quantifizierte** Aussage zum Schadstofftransport (und damit auch zur Konzentration) als Funktion von Ort, ggf. von der Zeit und vom transportierten Schadstoff zu erreichen. Für diese Fragestellung stehen grundsätzlich analytische Rechenmethoden sowie numerische Modelle zur Verfügung.

Unter einer **analytischen Lösung** der Transportgleichung versteht man eine Lösung, die eine Konzentrationsverteilung eines Schadstoffes als Funktion des Ortes und bei instationären Ansätzen (s.u.) auch der Zeit in einer geschlossenen Form (d.h. als Formel) angibt. Fallgestaltungen, die durch eine analytische Lösung der Transportgleichung beschrieben werden können, sind durch einfache Strömungssituationen, umfangreiche Homogenitätsannahmen und einfache Randbedingungen gekennzeichnet. Die analytische Lösung der Transportgleichung beschreibt die Ausbreitung von Stoffen unter Berücksichtigung von Konvektion, Dispersion, Adsorption und Abbau.

Bei **numerischen Methoden** wird die entsprechende Differenzialgleichung durch ein diskretes Elementenetz approximiert. Es wird dabei das Modellgebiet oder -profil in eine endliche Zahl von Elementen unterteilt, denen die hydrogeologischen Parameter und die geometrischen Abmessungen des jeweiligen Strömungsfeldabschnittes zugeordnet werden. Zur Lösung des mathematischen Problems ist eine Ortsdiskretisierung und bei instationären Betrachtungen auch eine Diskretisierung in der Zeit (Zeitschritte) erforderlich.

Mit mathematischen Methoden können stationäre und instationäre Berechnungen durchgeführt werden. Stationäre Rechenansätze berücksichtigen im Gegensatz zu instationären keine zeitabhängigen Schwankungen der Eingabeparameter, können also keine zeitlichen Veränderungen abbilden. Zur Abschätzung der zukünftigen Eintrags- bzw. Ausbreitungsentwicklung (s. Abschn. 3.7 und 4.2) sind somit instationäre Berechnungen erforderlich.

In diesem Abschnitt wird die rechnerische Abschätzung des Stofftransportes in der **ungesättigten** Zone ("Sickerwassermodelle") betrachtet. Mathematische Methoden zur Simulation der Stoffausbreitung im Grundwasser ("Grundwassermodelle") sind in Abschnitt 4.2.2 beschrieben. Hilfestellungen zur Auswahl von geeigneten Modellen insgesamt finden sich z.B. bei LUG (1997a), NLÖ (1996), LUAB (1998), KINZELBACH (1994), WIEDEMEIER et al. (1999), REINSTORF et al. (2001), AQA (2002) und den im Nachspann zu dieser Schrift genannten Internet-Adressen. Die Datenbank "DASIMA" des sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie bietet innerhalb des Systems "SALFAWEB" ebenfalls Informationen und Auswahlkriterien zu einer Reihe von Simulationsmodellen an.

Zur Beschreibung der Anfangs- und Randbedingungen einer mathematischen Methode muss zunächst ein Parametersatz erhoben werden, der in Abhängigkeit von der Komplexität der Aufgabenstellung und der eingesetzten Methode variiert. Je nach Fragestellung und Situation müssen nicht zwangsläufig aufwändige numerische Methoden angewendet werden. So kann es etwa zur Unterstützung bzw. Plausibilitätsprüfung einer verbalargumentativen Prognose hilfreich sein, mit dem sachkundigen Einsatz eines geeigneten Modells und unter Hinzuziehung relativ weniger und verhältnismäßig einfach zu ermittelnder Parameter für eine zu beurteilende Fläche die Sorptions- und Abbauvorgänge in der Bodensäule unterhalb von Beprobungspunkten (Materialuntersuchung) bzw. Messpunkten (In-situ-Untersuchungen) bis zur Grundwasseroberfläche eindimensional zu berechnen. Damit werden die zur Prognose eingesetzten Kenngrößen und getroffenen Annahmen transparent und das Resultat eher objektivierbar. Es kann zudem ein verbessertes Verständnis über die Sensitivität von Einflussfaktoren erreicht werden, da mit verhältnismäßig geringem Aufwand sowohl optimistische als auch pessimistische Varianten simuliert werden können. Um die Berechnungen nachvollziehbar zu machen, müssen die für die Berechnung eingesetzten Parameter immer zusammen mit dem berechneten Ergebnis angegeben werden.

Mit zunehmender Größe des Modellgebietes, der Heterogenität des Standortes und den Anforderungen an die Komplexität der abzubildenden Prozesse nimmt der Aufwand für die Datenerhebung und die Berechnung bzw. Modellierung zu. Dabei ist anzumerken, dass derzeit die mathematischen Methoden zur Modellierung des Stofftransportes in der ungesättigten Zone überwiegend noch dem Stand der Forschung entsprechen. Es bestehen zum Teil grundsätzliche Erkenntnisdefizite, welche Eingangsdaten im Einzelnen für die Berechnung/Modellierung der Prozesse in der ungesättigten Zone entscheidend sind, und ob sich diese hinreichend genau und repräsentativ erheben oder ableiten lassen.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass auch als Basis für eine sachgerechte verbalargumentative Prognose entsprechende Daten oder plausible Schätzgrößen beispielsweise

se zum Untergundaufbau, zu den Sorptionseigenschaften der Böden oder zur hydrologischen Situation vorliegen müssen.

Den meisten analytischen Lösungen der Transportgleichung in der ungesättigten Zone liegt die Annahme einer stationären (d.h. keine Zeitabhängigkeit), homogenen parallelen Strömung des Sickerwassers zugrunde, ohne Berücksichtigung einer Wasserbilanz. Sie sind damit lediglich als Hilfsmittel zur groben Abschätzung zu verwenden. Phänomene wie zeitlich variable Sickerwassermengen werden in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt.

Bei numerischen Sickerwassermodellen wird die Niederschlagsversickerung meist durch eine Form der Richards-Differentialgleichung beschrieben. Der in einem zweiten Verfahrensschritt simulierte Stofftransport wird je nach Fragestellung mit einer Konvektions-Dispersions-Gleichung oder mit einer dispersionsfreien Näherung beschrieben. Der Beschreibung des Potentiallinienverlaufes liegt eine Wasserbilanz des Standortes zu Grunde. Phänomene wie zeitlich variable Sickerwassermengen können mit instationären Modellen bei der Simulation berücksichtigt werden.

Die nachfolgende Tabelle 3.4 fasst wesentliche Inputdaten zur Sickerwassermodellierung zusammen.

Tab. 3.4: Inputdaten und Datenquellen für analytische bzw. numerische Lösungen der Strömungs- und Transportgleichung für die ungesättigte Bodenzone

Inputdaten	Quelle der Inputdaten
Wasserbilanz mit Niederschlag und Evapotranspiration	Grundlagenkarten ¹ oder lokal gemessene Daten oder Berechnungen nach unterschiedlichen Ansätzen (vgl. Abschn. 3.6.1)
Mächtigkeit der Schichten in der ungesättigten Zone	Bohrungen
Durchlässigkeit der Schichten	Literaturdaten, ggf. Labor- oder Feldversuche
mit realitätsnahen Eluatuntersuchungen ermittelte Schadstoffkonzentration als Quellkonzentration	analytische Messdaten ²
Retardierungsfaktoren der Schichten	Literaturdaten oder Laborversuche
Biologischer Abbau	
Dispersion/Diffusion	

¹ z.B. BMBF-Nitrat-Atlas oder Karte der mittleren jährlichen Sickerwasserrate aus dem Boden (GD NRW)

² bei sonstigen Eluatuntersuchungen sind ggf. die Konzentrationen zu interpretieren

Da in der Regel nicht für alle Inputparameter hinreichend genaue Daten vorliegen oder nicht alle den Transport beeinflussenden Prozesse im Modell abgebildet werden, sind meist Kalibrierungen des Modells durch Feld- und Laborversuche und eine anschließende Parameteranpassung erforderlich.

3.5.3 Rückschluss oder Rückrechnung aus Grundwasseruntersuchungen

Wie in Abschnitt 3.1.2 dargestellt, kann der gegenwärtige Schadstoffeintrag in das Grundwasser auch durch Rückschlüsse oder Rückrechnungen aus Untersuchungen im Grundwasser abgeschätzt werden. Ob nur der Rückschluss oder ggf. eine Rückrechnung möglich bzw. erforderlich ist, hängt vor allem von der Lage der Schadstoffquelle ab.

Nur wenn sicher ist, dass die Schadstoffe ausschließlich mit dem Sickerwasser aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser eingetragen werden, kann mit den Ergebnissen der Grundwasseruntersuchung eine "**Rückrechnung**", d.h. die rechnerische Abschätzung der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung erfolgen ("Sickerwasserprognose" im Sinne des § 2 BBodSchV, s. Abschn. 3.1.2). Sollte das Sickerwasser nicht nur aus versickerndem Niederschlagswasser stammen, ist zu prüfen, ob die für die Berechnungen erforderliche Grundwasserneubildungsrate (s. Anh. 3) hinreichend genau ermittelt werden kann (vgl. auch Abschn. 3.6.1). Anderenfalls ist bei solchen Fallgestaltungen eine Rückrechnung nicht möglich.

In allen anderen Fällen (Stoffeintrag nicht (nur) mit dem Sickerwasser, Lage der Schadstoffquelle (auch) in der gesättigten Zone, unzureichend bekannte Anzahl und Lage von Kontaminationen) können aus Grundwasseruntersuchungen nur **Rückschlüsse** auf den gegenwärtigen Stoffeintrag erfolgen.

Dabei wird anhand der Ergebnisse von sachgerecht durchgeführten Untersuchungen durch Vergleich der Konzentrationen im Grundwasseran- und -abstrom unter Berücksichtigung der Verdünnung abgeschätzt, ob aus der zu beurteilenden Fläche zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein erheblicher Stoffeintrag im Sinne von Abschnitt 2.1.2.1 in das Grundwasser stattfindet oder (hinreichend sicher) ausgeschlossen werden kann (Tab. 3.5). Dabei findet eine Berücksichtigung aller Stoffeinträge über die gesamte zu beurteilende Fläche statt.

Die zukünftige Eintragsentwicklung kann auf diese Weise nicht abgeschätzt werden und ist gesondert zu betrachten (s. Abschn. 3.7).

Tab. 3.5: Rückschluss aus Grundwasseruntersuchungen auf alle gegenwärtigen Stoffeinträge in das Grundwasser bzw. Rückrechnung auf die Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung

Schadstoffkonzentration im Abstrom im Vergleich zum Anstrom	Rückschluss auf den gegenwärtigen Stoffeintrag	Rückrechnung auf die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung
Keine signifikante Differenz ¹	Der gegenwärtige Stoffeintrag aus der zu beurteilenden Fläche ist nicht erheblich	Eine Rückrechnung auf die Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung ist nicht erforderlich.
Abstromkonzentration signifikant höher als Anstromkonzentration aber unterhalb der Prüfwerte	Ein Rückschluss auf die Erheblichkeit des gegenwärtigen Stoffeintrags ist nicht hinreichend genau möglich.	Eine Rückrechnung auf die Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung ist zur Beurteilung des gegenwärtigen Stoffeintrags erforderlich, aber nur unter bestimmten Voraussetzungen durchführbar ² . Andernfalls sind andere Sachverhaltsermittlungen anzustellen.
Abstromkonzentration signifikant höher als Anstromkonzentration und oberhalb der Prüfwerte	Der gegenwärtige Stoffeintrag aus der zu beurteilenden Fläche ist erheblich	Eine Rückrechnung auf die Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung ist ggf. hilfreich zur Abschätzung des Schadensumfangs, aber nur unter bestimmten Voraussetzungen durchführbar ² .

¹ mögliche Verdünnung beachten, s.a. Abschn. 3.4.3; Lage und Ausbau der Messstellen prüfen

² Die Rückrechnung ist nur möglich, wenn die Schadstoffquelle nur in der ungesättigten Zone liegt, der Stoffeintrag nur mit dem Sickerwasser erfolgt, die Grundwasserneubildungsrate hinreichend genau zu ermitteln und die Verdünnung durch unbelastetes Grundwasser nicht zu groß ist (s. Text).

Soll eine **Rückrechnung** auf die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung durchgeführt werden, ist zunächst zu prüfen, ob die gewählte/n Grundwassermessstelle/n und Probennahme/n repräsentativ den direkten Abstrom der zu beurteilenden Fläche erfasst/en. Dies gilt insbesondere bei kleinen Stoffkonzentrationen. Die Berechnungen dürfen sich nur auf die **belastete** Fläche beziehen, aus der Sickerwasser entstehen kann. Die Abgrenzung der belasteten Fläche erfolgt i.d.R. auf der Basis von Feststoffuntersuchungen wobei als grundwasserrelevante "Belastung" hilfsweise Schadstoffkonzentrationen über den regionalen Hintergrundgehalten angesehen werden können. Liegen Ergebnisse von Eluatuntersuchungen vor, sind diese bevorzugt für die Abgrenzung mit heranzuziehen.

Die Vorgehensweise bei der **Rückrechnung** ist in **Anhang 3** beschrieben.

Die aus den Ergebnissen von Grundwasseruntersuchungen zurückgerechnete Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung liegt i.d.R. - bedingt durch Verdünnung, Retardation, Stoffabbau, Metabolisierung etc. zwischen Eintrags- und Messstelle - **unter** dem tatsächlichen Stoffeintrag. Insbesondere bei voll verfilterten Messstellen in sehr mächtigen Grundwasserleitern oder bei sehr großen Flächen kann die Verdünnung so groß werden, dass im Abstrom nur sehr kleine Konzentrationen oder keine signifikanten Unterschiede zum Grundwasseranstrom gemessen werden. Eine Rückrechnung auf den Ort der Beurteilung ist in diesen Fällen nicht möglich, Lage und Ausbau der Messstellen sollten auf ihre Eignung für diese Fragestellung überprüft werden (s. Kap. 4.1). Zur Signifikanz von Konzentrationsunterschieden zwischen An- und Abstrom siehe Abschnitt 4.1.7.

3.6 Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser nach Frachten

3.6.1 Abschätzung der Sickerwasserfracht

Frachtabschätzungen dienen der Beurteilung des Ausmaßes einer Grundwasserverunreinigung, das für die Prüfung der Verhältnismäßigkeit etwaiger weiterer Maßnahmen relevant ist (s. a. Abschn. 5.4). Unter der **Sickerwasserfracht** ist in diesem Zusammenhang diejenige Masse an Schadstoffen zu verstehen, die aus der zu beurteilenden Fläche mit dem Sickerwasser aus der ungesättigten Bodenzone pro Zeiteinheit in das Grundwasser eingetragen wird (ausgedrückt z.B. in Kilogramm Schadstoff pro Jahr [kg/Jahr]). In vielen Fällen ist nur eine grobe Abschätzung der Frachten möglich. Auf die Abschätzung der mit dem Grundwasserstrom verlagerten Schadstoffmenge wird in Abschnitt 3.6.2 eingegangen.

Sickerwasser entsteht im Regelfall durch infiltrierende Niederschläge. Die Grundwasserneubildungsrate kann näherungsweise der Sickerwasserrate gleichgesetzt werden. Die Sickerwasserrate verändert sich in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad der zu beurteilenden Fläche. Sickerwasser kann z.B. aber auch durch Wasserverluste aus undichten Kanälen entstehen. Die Abschätzung der Sickerwasserrate ist in diesen Fällen sehr schwierig.

Für die Abschätzung der Grundwasserneubildungs(Sickerwasser-)rate steht eine Vielzahl an Methoden für verschiedene Anwendungsbereiche zur Verfügung, die sich hinsichtlich ihres Einsatzbereiches, der benötigten Eingangsdaten, ihrer Genauigkeit und ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung unterscheiden. Die Auswahl einer geeigneten Methode ist von der zu untersuchenden Fragestellung und insbesondere von den spezifischen pedo-

logischen, hydrogeologischen und hydrologischen Faktoren am Untersuchungsstandort abhängig. Insbesondere sind die Prozesse des präferenziellen Flusses und der Versinkung über Makrohohlräume als bevorzugte Abflussbahnen (Klüfte, Trockenrisse, Tiergänge, Wurzelkanäle etc.) zu beachten, da diese Prozesse die Sickerwasserrate räumlich wie zeitlich erheblich beeinflussen.

Die Sickerwasserrate kann prinzipiell

- mit geeigneten Untersuchungen am Standort selbst bestimmt werden (direkte Messmethoden wie z.B. Lysimeter- oder Tensiometermessungen, Tracerversuche),
- rechnerisch ermittelt werden (indirekte Methoden mit bodenkundlichem Ansatz wie z.B. DIN 19 687 oder DIN 19 732, indirekte Methoden mit wasserhaushaltlichem Ansatz wie z.B. DÖRHÖFER & JOSSOPAIT, 1980, RENGER & WESSOLEK, 1990, SCHROEDER & WYRWICH, 1990, MEßER, 1996) oder
- aus Kartenwerken abgelesen werden (z.B. Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland, WENDLAND et al., 1993).

Ein zusammenfassender Überblick über mögliche Methoden zur Bestimmung der Sickerwasserrate befindet sich in LAWA (2002).

Die Sickerwasserrate, die oft in [mm/a] oder [l/(s · km²)] angegeben wird, ist für die Berechnung der Schadstofffracht in m³/(m² · a) umzurechnen. Die durch das Sickerwasser aus der ungesättigten Bodenzone der zu untersuchenden Fläche in das Grundwasser eingetragene Schadstofffracht E_{SW} errechnet sich nach der Beziehung:

$$E_{SW} = Q_{SW} \cdot F \cdot c_{SW} \text{ [kg/a]}$$

mit : Q_{SW} : Sickerwasserrate [m³/(m² · a)]
 F : Größe der zu beurteilenden (Teil-)Fläche [m²]
 c_{SW} : Schadstoffkonzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung [kg/m³]

3.6.2 Abschätzung der Grundwasserfracht

Analog zu der Abschätzung der mit dem Sickerwasser in das Grundwasser eingetragenen Schadstofffracht (s. Abschn. 3.6.1) ist bei Lage der Schadstoffquelle in der **gesättigten Bodenzone** die **Grundwasserfracht** zur Beurteilung des Ausmaßes einer Grundwasser-

verunreinigung abzuschätzen. Darunter ist diejenige Masse an Schadstoffen zu verstehen, die infolge der Grundwasserströmung pro Zeiteinheit über eine Bezugsfläche mit dem Grundwasser verlagert wird.

Der abstromige Rand einer Schadstoffquelle in der gesättigten Zone, von dem aus Schadstoffe in das unbelastete Grundwasser eingetragen werden, ist i.d.R. nicht hinreichend genau bekannt. Hilfsweise wird daher zur Abschätzung die breiteste Querschnittsfläche der Schadstoffquelle quer zur Grundwasserfließrichtung betrachtet.

Die aus der zu beurteilenden Fläche in das abstromige Grundwasser eingetragene Schadstofffracht E_{GW} errechnet sich damit nach der Beziehung:

$$E_{GW} = K \cdot i \cdot F \cdot (c_{KGW} - c_{GWA_n}) \text{ [kg/s]}$$

mit: K : Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
i : hydraulischer Gradient [1]
F : Querschnitt des belasteten Bereichs in der gesättigten Bodenzone quer zur Grundwasserfließrichtung [m²]
 c_{KGW} : Schadstoffkonzentration des Kontaktgrundwassers [kg/m³]
 c_{GWA_n} : Schadstoffkonzentration des Grundwassers im Anstrom [kg/m³]

Üblicherweise wird die Fracht E_{GW} in der Einheit [kg/a] angegeben, d.h. sie ist entsprechend umzurechnen.

Um den Frachtanteil zu ermitteln, der aus der zu beurteilenden Fläche ausgetragen wird, ist bei der Berechnung die Schadstoffkonzentration des Grundwasseranstroms in Abzug zu bringen. Die Gesamtfracht des Grundwasserabstroms, bei deren Berechnung die Konzentration des Grundwasseranstroms nicht abgezogen wird, kann beispielsweise für die Eignung von Sanierungsverfahren oder die Beurteilung von nicht grundstücksbezogenen Grundwasserschäden eine Rolle spielen.

Die Grundwasserfracht kann im Einzelfall auch die Sickerwasserfracht mit enthalten, wenn die Schadstoffe sowohl in der ungesättigten als auch in der gesättigten Zone liegen und die Konzentration des Kontaktgrundwassers demzufolge auch aus Einträgen aus der ungesättigten Zone resultiert.

3.7 Prognose der zukünftigen Eintragsentwicklung

Im Rahmen einer Eintragsprognose ist immer auch die Frage nach der zeitlichen Entwicklung (d.h. nach der zu erwartenden Gesamtdauer und Gesamtmenge) eines Schadstoffeintrags zu beantworten, um die (mögliche) Grundwassergefährdung umfassend beurteilen zu können und um eine Grundlage für die sachgerechte Entscheidung über weitere Maßnahmen zu schaffen. Diese Feststellung ist insbesondere dann relevant, wenn z.B. aufgrund des Alters des Schadens bei der gegebenen Untergrundbeschaffenheit zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch kein Eintrag in das Grundwasser festzustellen, dieser aber für die Zukunft nicht auszuschließen ist, oder wenn ein zukünftig veränderter Stoffeintrag bzw. eine zeitlich variable Schadstoffsituation möglich ist.

Für diesen Prognoseschritt sind die in Abschnitt 3.5.2.1 genannten Daten und Erkenntnisse im Hinblick auf zeitliche Veränderungen zu überprüfen. Die Bedeutung der einzelnen Kriterien für die zukünftige Entwicklung hängt von den Rahmenbedingungen im Einzelfall ab. Änderungen können etwa auftreten bei:

- Standortfaktoren (Grundwasserflurabstand, Oberflächenbeschaffenheit und Bewuchs, Standortnutzung),
- Quellstärke (Veränderung des mobilisierbaren Schadstoffanteils: Erhöhung z.B. durch Versauerung von Böden, Verminderung durch Erschöpfung),
- Rückhalte- und Abbauwirkung der unbelasteten Grundwasserdeckschicht (Veränderungen in Abhängigkeit von Quellstärkenentwicklung und Dauer des Austrags sowie der Mächtigkeit der Deckschicht).

Zur Abschätzung der Gesamtdauer eines Schadstoffaustrags aus der belasteten Schicht kann in Abhängigkeit von der Schadstoffart von bestimmten Regelannahmen ausgegangen werden. Bei **lipophilen organischen Schadstoffen** wird sich bei Altlasten in der Regel ein Gleichgewichtszustand zwischen der Feststoffbelastung und der Belastung des Sickerwassers ausgebildet haben. Aufgrund der geringen Löslichkeiten ist selbst bei niedrigen Feststoffbelastungen davon auszugehen, dass sich im relevanten Beurteilungszeitraum der Vorrat des organischen Schadstoffs nicht erschöpft. Sofern sich die sonstigen Randbedingungen nicht ändern, bleiben also auch die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser über die Zeit in der gleichen Größenordnung. Wesentlicher Löslichkeitsbestimmender Einflussfaktor für organische Schadstoffe ist die DOC-Konzentration des zutretenden Sickerwassers. Diese kann sich z.B. durch die Umnutzung der Geländeoberfläche erhöhen, was dann auch zu einer Störung des vorliegenden Gleichgewichtszustandes führt. Hierdurch kann sich die Schadstoffkonzentration entweder vermindern (z.B. durch Sorptionsvorgänge oder intensivierten Abbau) oder erhöhen (z.B. Lösevermittlung). Zur

Klärung der Prozesse können spezielle Elutionsversuche durchgeführt werden, die mit DOC-angereicherter Elutionsmittel vorgenommen werden.

Bei **Schwermetallen und Metalloiden** hängt die Gesamtdauer der Auslaugung zunächst vom zu erwartenden niedrigsten pH-Wert, der sich im Beurteilungszeitraum einstellt, und dem bei diesem pH-Wert festgestellten mobilisierbaren Anteil (mg/kg) ab (s. Abschn. 3.4.2.2). Der mobilisierbare Anteil stellt den unter diesen Bedingungen maximal löslichen Anteil von der Gesamtkonzentration im Feststoff dar. Unter der weiteren vereinfachenden Annahme, dass die Quellstärke der belasteten Schicht bis zur Erreichung des zugrunde gelegten pH-Wertes konstant bleibt, ergibt sich die Dauer der Auslaugung wie folgt:

$$T_{\text{Austrag}} = m_{\text{mobil}} / E_{\text{SW}} \quad [\text{a}]$$

$$E_{\text{SW}} = Q_{\text{SW}} \cdot c_{\text{SW}} \quad [\text{mg/a}]$$

mit: T_{Austrag} : Dauer des Austrags [a]
 m_{mobil} : mobilisierbarer Anteil der Schadstoffmasse im Feststoff [mg]
 E_{SW} : Schadstofffracht im Sickerwasser [mg/a]
 Q_{SW} : Sickerwassermenge aus der betrachteten Fläche [l/a]
 c_{SW} : Schadstoffkonzentration im Sickerwasser [mg/l]

Für die Prognose zukünftiger Stoffeinträge ist neben der Entwicklung der Quellstärke die Entwicklung der Rückhalteleistung der unbelasteten Grundwasserdeckschicht im Hinblick auf einen eventuellen Schadstoffdurchbruch zu beurteilen. Diese ist in einfachen Fällen überschlägig aus den Materialeigenschaften (Adsorptionsfähigkeit der noch unbelasteten Deckschicht gegenüber dem vorhandenen Stoffspektrum), der Schichtmächtigkeit bis zum Grundwasserspiegel, der zukünftigen Entwicklung der Quellstärke und der voraussichtlichen Eintragsdauer abzuleiten.

Sind komplexere Betrachtungen erforderlich, können ggf. Durchbruchkurven mit geeigneten instationären mathematischen Methoden (s. hierzu auch Abschn. 3.5.2.2 und 4.2.2) berechnet werden.

4 Bereits eingetretene Verunreinigungen des Grundwassers

4.1 Grundlagen zur Untersuchung und Beurteilung

Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung von altlastverdächtigen Flächen werden Grundwasseruntersuchungen in der Regel zunächst zu der Feststellung durchgeführt, ob die Grundwasserbeschaffenheit im Abstrom einer zu beurteilenden Fläche im Vergleich zum Anstrom eine auf die Fläche zurückzuführende nachteilige Veränderung aufweist. Gegenstand dieser Untersuchung kann ein Gesamtgrundstück oder eine belastete Teilfläche sein (vgl. Abschn. 3.1.1). Die Ergebnisse können unter bestimmten Voraussetzungen auch zum Rückschluss auf den bzw. zur Rückrechnung des gegenwärtigen Stoffeintrag(s) in das Grundwasser verwendet werden (vgl. Abschn. 3.5.3).

Die Prognose der zukünftigen Eintragsentwicklung kann hingegen nicht allein auf der Basis von Grundwasseruntersuchungen erfolgen. Hierfür sind zusätzliche Informationen erforderlich (s. Abschn. 3.1 und Abschn. 3.7).

Ist im Rahmen der Gefährdungsabschätzung der Bau neuer Grundwassermessstellen geplant, so sind zunächst alle relevanten Unterlagen und Informationen zum Standort (Schadenscharakteristik, Hydrogeologie, Sonstiges), ggf. auch aus schon vorhandenen Grundwasseruntersuchungen, auszuwerten und zu dokumentieren (Grundlagenermittlung). Aufbauend auf diesen Daten sind die Anzahl, die Anordnung und der Ausbau der Messstellen der Zielrichtung der Untersuchung im Einzelfall anzupassen.

4.1.1 Grundlagenermittlung

In Tabelle 4.1 sind die für die Planung von Grundwassermessstellen wichtigsten Grundlagendaten sowie mögliche Quellen für diese Daten aufgeführt. Wenn bereits Erkenntnisse aus Untersuchungen am Standort oder aus der näheren Umgebung vorliegen, sind diese bevorzugt heranzuziehen.

Die benötigten Informationen sind durch nachvollziehbar begründete Annahmen kleinräumig für den Standort abzuleiten bzw. aus ggf. schon vorliegenden Untersuchungsergebnissen oder durch geeignete Untersuchungen am Standort zu ermitteln.

Die für NRW verfügbaren Kartenwerke sowie weitere Informationsquellen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Tab. 4.1: Wichtige Planungsgrundlagen für den Bau von Grundwassermessstellen

Planungsgrundlagen	Quellen	
	allgemeine Quellen	Untersuchungen
Schadenscharakteristik	Literaturangaben	Standortrecherche Feststoffuntersuchungen Eluat-/Extraktuntersuchungen Bodenluftuntersuchungen
Schichtenfolge Aufbau des Aquifers	Geologische Karte Ingenieurgeologische Karte Hydrologische Karte Hydrogeologische Karte	Sondierungen Bohrungen Schürfe
Grundwasserfließrichtung hydraulischer Gradient i	Hydrogeologisches Kartenwerk ggf. nach Einschätzung aus der Geländemorphologie	Ableitung aus mindestens 3 Grundwasserständen in der Umgebung (hydrogeologisches Dreieck); anthropogene Beeinflussungen z.B. durch Leitungsgräben, stauende Einbauten, Versickerungen oder Grundwasserentnahmen und Inhomogenitäten des GW-Leiters sind zu berücksichtigen
Durchlässigkeitsbeiwert K des Aquifers	Hydrologische Karte Hydrogeologische Karte ggf. Abschätzung nach dem Schichtenprofil	Berechnung aus Pumpversuchen oder hydraulischen Bohrlochtests, Berechnung aus Kornverteilungskurven
Grundwasserflurabstand	Hydrogeologisches Kartenwerk	Sondierungen Bohrungen schon vorhandene Grundwassermessstellen
Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels	Landesgrundwasserdienst Daten der Wasserverbände Kommunale Daten Abschätzung nach Erkenntnissen auf benachbarten Standorten	schon vorhandene Grundwassermessstellen

4.1.2 Ausbreitungsverhalten von Schadstoffen im Grundwasser

Die Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser und die Länge und Form von Schadstofffahnen sind im Wesentlichen abhängig von:

- der Größe der Schadstoffquelle, im Wesentlichen ihrer Breite quer zur Grundwasserfließrichtung,
- der Quellstärke (Freisetzungsrate des Schadstoffs),
- der Art des Eintrags (permanenter Eintrag, einmaliger Eintrag),
- dem Alter des Schadens (Dauer des Eintrags),
- den hydrogeologischen Eigenschaften des Grundwasserleiters (Grundwassermächtigkeit, hydraulischer Gradient, Durchlässigkeitsbeiwert, nutzbare Porosität, Adsorptions-, Desorptions- und Filtrationseigenschaften),

- dem hydro-geochemischen Milieu im Grundwasserkörper (oxidierende/reduzierende Verhältnisse, pH-Wert, Lösungsinhalte, etc.) sowie
- den Schadstoffeigenschaften (wie Wasserlöslichkeit, Lösungskinetik, Abbaubarkeit, Retardierungs-, Reaktions-, Diffusions- und Dispersionsverhalten).

In einem homogenen und isotropen Porengrundwasserleiter (idealisiert Fall) besitzt der Ausbreitungsbereich im Abstrom einer zu beurteilenden Fläche näherungsweise die Form einer Parabel, welche die Fläche vollständig umschließt und deren Achse durch die Grundwasserfließrichtung bestimmt wird (Abb. 4.1).

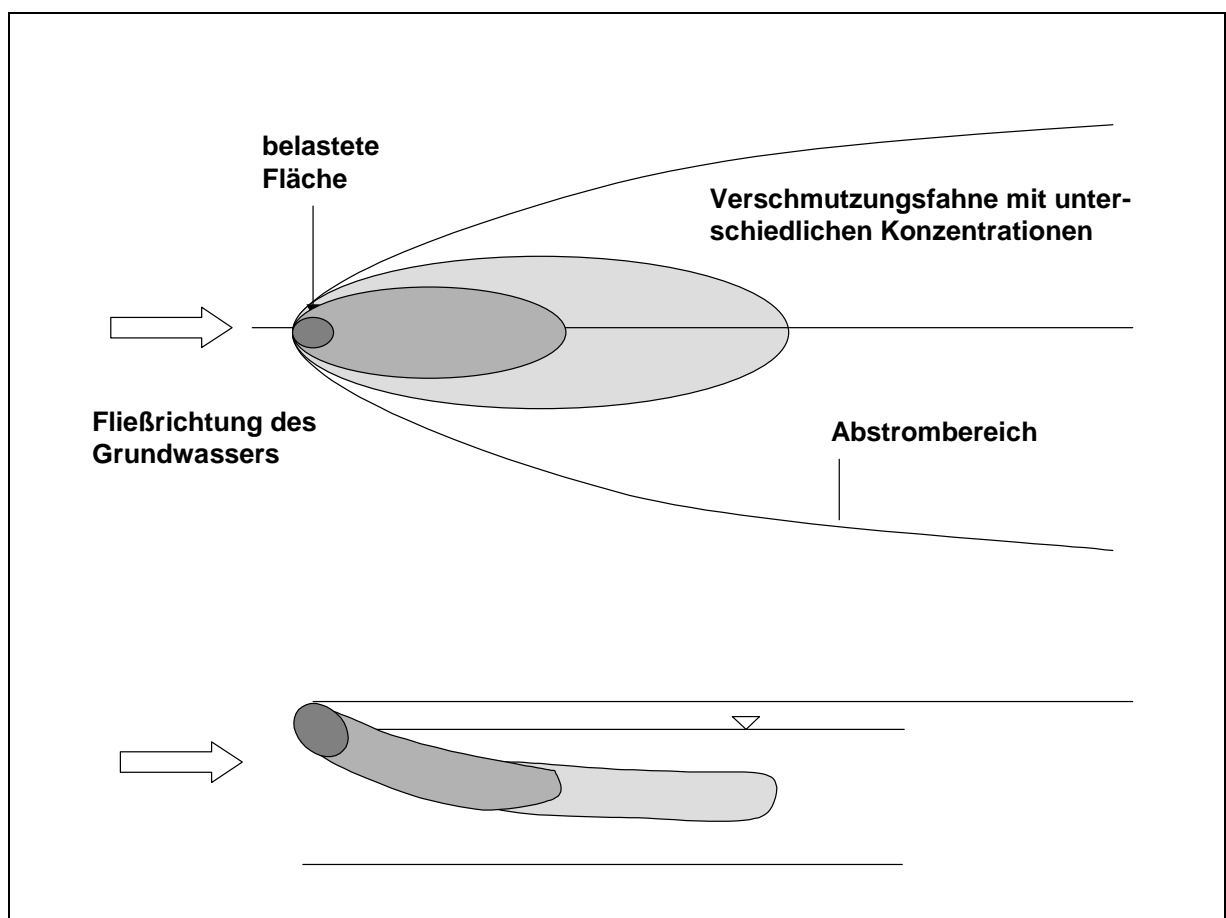


Abb. 4.1: Abstrombereich mit Verschmutzungsfahne bei idealisierten Verhältnissen

Gut definierte Abstrombereiche liegen in homogenen, gut durchlässigen Grundwasserleitern vor; schlecht definierte in heterogen aufgebauten, schlecht durchlässigen Grundwasserleitern. Der Abstrombereich wird um so breiter, je geringer der hydraulische Gradient,

je heterogener der Grundwasserleiter und je geringer der Durchlässigkeitsbeiwert ist. In heterogenen und anisotropen Grundwasserleitern erfolgt die Strömung entlang präferenzzieller Fließpfade. Anthropogene Beeinflussungen der Grundwasserfließrichtungen (z.B. durch Leitungsgräben, unterirdische Bauten, Grundwasserentnahmen oder Versickerungen) sind zu berücksichtigen (Abb. 4.2).

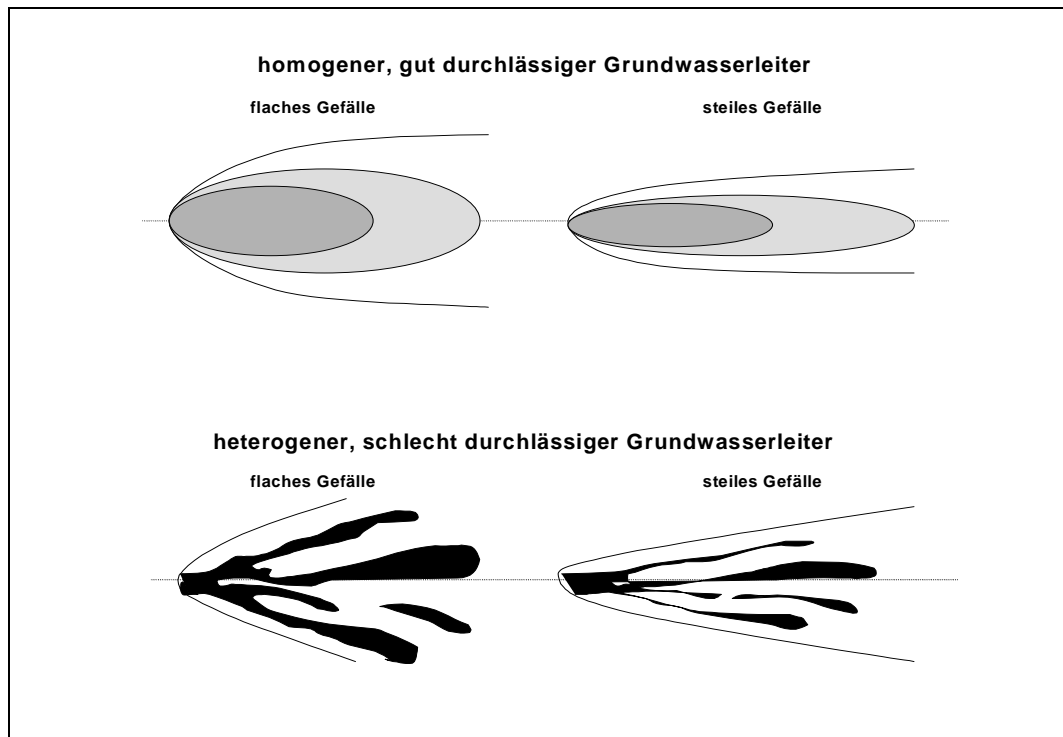
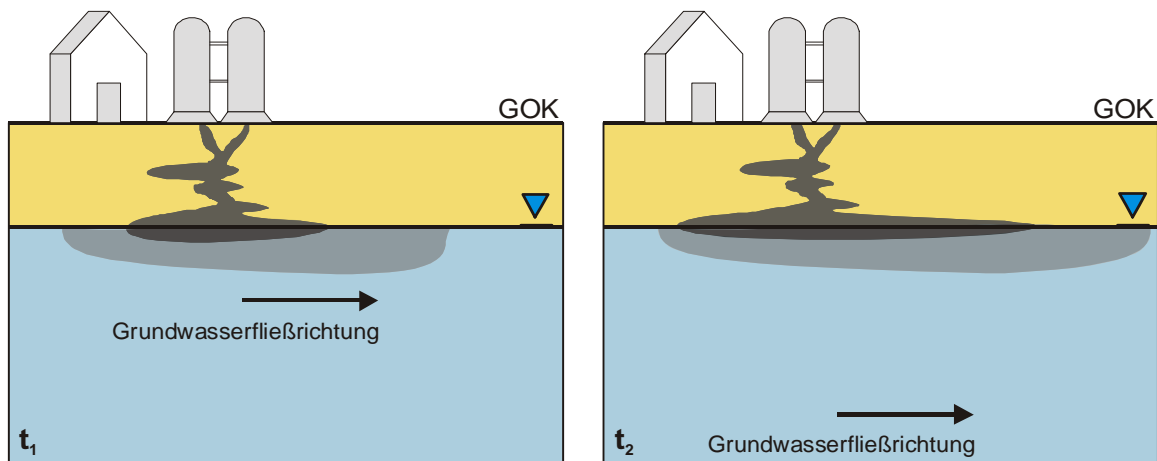


Abb. 4.2: Mögliche Formen des Abstrombereichs und der Verschmutzungsfahne

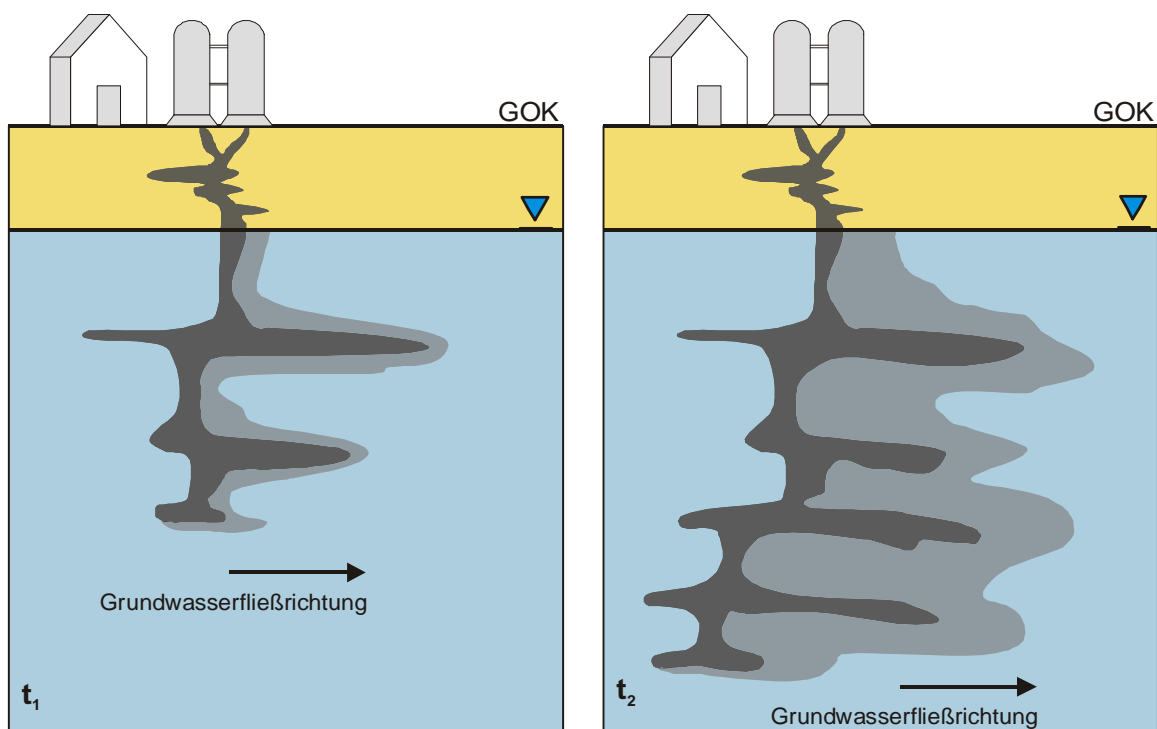
Werden nicht mit Wasser mischbare Flüssigkeiten (NAPL = non aqueous phase liquids) als zusammenhängende Phase (d.h. in Konzentrationen oberhalb der Residualsättigung, vgl. Abschn. 3.5.1) in das Grundwasser eingetragen, so unterscheidet man hinsichtlich des Ausbreitungsverhaltens dieser Phasen im Grundwasser (s. Abb. 4.3):

- LNAPL = light-NAPL, NAPL mit einer spezifischen Dichte kleiner als der von Wasser,
- DNAPL = dense-NAPL, NAPL mit einer spezifischen Dichte größer als der von Wasser.

Mit Wasser mischbare Flüssigkeiten bilden keine eigene Phase aus und werden in gelöster Form mit dem Grundwasser transportiert.



A) Light non aqueous phase liquids



B) Dense non aqueous phase liquids

Abb. 4.3: Verhalten von nicht mit Wasser mischbaren Flüssigkeiten (LNAPL, DNAPL) im Grundwasserleiter (nach: WIEDEMEIER et al., 1999)

Leichte hydrophobe Substanzen breiten sich hauptsächlich auf der Grundwasseroberfläche bevorzugt in Grundwasserfließrichtung aus. Schwere hydrophobe Substanzen sinken dagegen im Grundwasserleiter ab und breiten sich dort entsprechend den vorliegenden Inhomogenitäten aus. Sie können sich auch gegen die Grundwasserfließrichtung verbreiten, wenn undurchlässige, d.h. stauenden Schichten entsprechend geneigt sind. Hydrophile Substanzen werden im Grundwasserleiter im Wesentlichen in Grundwasserfließrichtung ausgebreitet.

Die Auswertung von Literaturdaten zeigt, dass die relativ schlecht abbaubaren, mittel bis gut wasserlöslichen LHKW die größten Fahnenlängen erzeugen (WIEDEMEIER et al., 1999). Gut biologisch abbaubare Verbindungen, wie z.B. Phenole oder BTEX, werden im Grundwasser deutlich weniger weit transportiert. Bei der Stoffgruppe der PAK ist die Datenbasis wesentlich schlechter, so dass dazu derzeit keine vergleichenden Aussagen vorliegen.

4.1.3 Lage und Anzahl einzurichtender Grundwassermessstellen

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich sowohl auf die Feststellung des gegenwärtigen Stoffeintrags durch Rückrechnungen/Rückschlüsse aus Grundwasseruntersuchungen (vgl. Abschn. 3.5.3) als auch für die Untersuchung von bereits vorliegenden Schadstofffahnen.

Soll der derzeitige Stoffeintrag in das Grundwasser untersucht werden, sind die Grundwassermessstellen nach Möglichkeit so **anzuordnen**, dass der gesamte Grundwasserabstrom der zu beurteilenden Fläche erfasst wird. Der Abstand der Messstellen zum Rand der Fläche sollte in diesem Fall möglichst gering sein und im Regelfall 50 m nicht überschreiten. Je größer der Abstand wird, desto größer wird im Allgemeinen die Verdünnung mit unbelastetem Grundwasser und desto bedeutsamer werden z.B. auch Abbau- und Rückhalteprozesse.

Auch im Anstrombereich ist/sind die Messstelle/-n möglichst im direkten Anstrom und möglichst nah an der zu beurteilenden Fläche, aber außerhalb des möglicherweise durch Dispersion und Diffusion beeinflussten Bereiches zu platzieren.

Bei der Untersuchung vorliegender Grundwasserschäden sind zur Abgrenzung der Schadstofffahne zusätzliche Messstellen in größerem Abstand zur untersuchten Fläche erforderlich (Abb. 4.4).

Die **Anzahl** der Messstellen im Abstrom richtet sich im wesentlichen nach der Flächenbreite quer zur Grundwasserfließrichtung sowie der Form und Ausbildung vermuteter Schadstofffahnen im Abstrom (s. Abb. 4.1 und 4.2).

Für den Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen sind auch die ausführlichen Hinweise der "Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung" (AQA, 2002) die entsprechenden LWA-Materialien (LWA NRW, 1989a/b) und speziell für Untersuchungen im Festgestein der Leitfaden von COLDEWEY & KRAHN (1991) zu berücksichtigen.

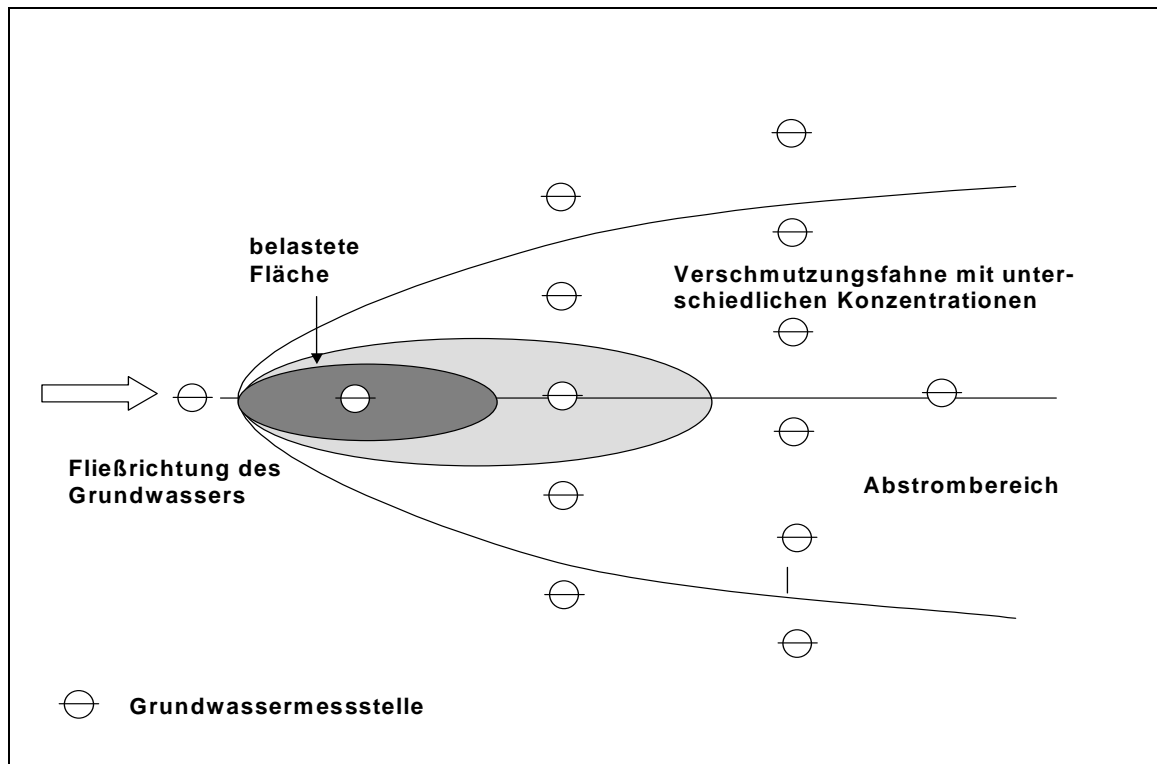


Abb. 4.4 Lage der Grundwassermessstellen bei der Fahnenuntersuchung

4.1.4 Ausbau der Grundwassermessstellen

Der Ausbau der Grundwassermessstellen ist grundsätzlich dem Untersuchungsziel, der Art und Verteilung der Schadstoffe und der Beschaffenheit des Aquifers im Einzelfall anzupassen.

Wird eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung der Schadstoffe im Vertikalprofil des Grundwasserleiters vermutet oder bestehen über deren tiefenabhängige Verteilung keine gesicherten Vorstellungen, ist eine vollkommene Verfilterung zur Gewinnung von tiefenintegrierten Mischwasserproben vorzusehen (LAWA, 1999). Filterstrecken über 30 m Länge sind nicht mehr sinnvoll.

Wird dagegen von einer eher unregelmäßigen Verteilung der Schadstoffe im Vertikalprofil ausgegangen, die vor allem bei heterogenem Aufbau des Grundwasserleiters und/oder bei aufschwimmenden oder absinkenden Schadstoffen gegeben sein dürfte, sollte die Messstelle für die Entnahme tiefenorientierter Einzelproben ausgebaut sein (z.B. durch Mehrfachmessstellen oder Messstellengruppen). Tiefendifferenzierte Probennahmen können insbesondere bei Mineralöl- und LHKW-Schäden sowie bei mächtigen Grundwasserkörpern zweckmäßig sein.

Als Hilfsmittel zur Bestimmung der Lage von geeigneten Filterstrecken können Grundwassersondierungen (s. Anh. 1 Nr. 2.9) eingesetzt werden.

Unabhängig von der Festlegung der Verfilterung der Grundwassermessstellen ist anzustreben, dass bei vergleichenden An-/Abstromuntersuchungen im An- wie im Abstrom einer zu beurteilenden Fläche jeweils auch möglichst vergleichbare Grundwasserbereiche beprobt werden (Abb. 4.5).

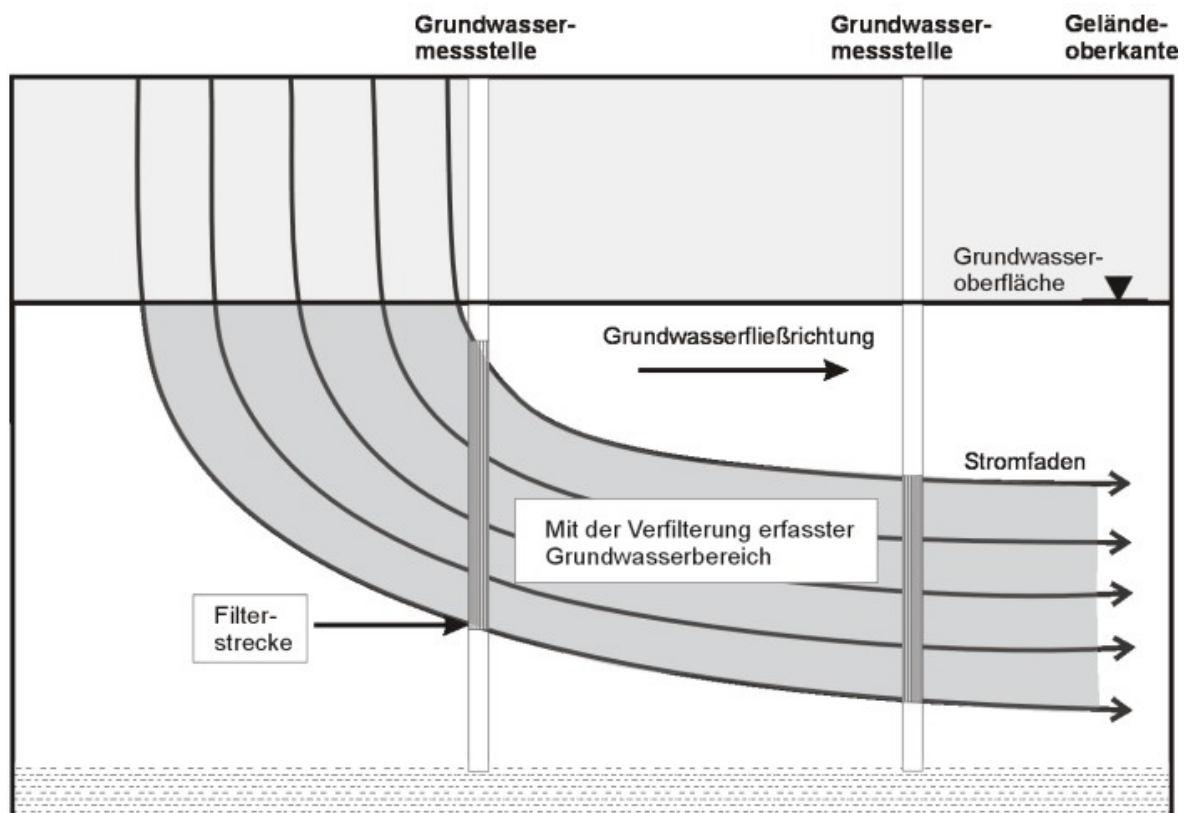


Abb. 4.5: Anordnung der Filterstrecken zum sachgerechten An-/Abstromvergleich bei nicht vollkommen ausgebauten Messstellen

4.1.5 Hinweise zur Entnahme von Grundwasserproben, Probenbehandlung, Analytik und Qualitätssicherung

Grundwasserproben sind fachgerecht zu entnehmen, zu transportieren und zu lagern. Der aktuelle Stand der Technik ist in der "Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung" (AQA, 2002) dargestellt, auf die für weitere Einzelheiten verwiesen wird. Dort finden sich ebenfalls weitergehende Hinweise für die Analyse von Wasserproben.

Untersuchungsstellen, die mit der Analyse von Wasserproben betraut werden, müssen die Anforderungen nach § 18 BBodSchG und § 17 LbodSchG NW erfüllen. Solange die Anforderungen in Nordrhein-Westfalen noch nicht durch Rechtsverordnung festgelegt sind, kann insbesondere auch eine Zulassung nach § 25 LAbfG NW als Kompetenznachweis gewertet werden (vgl. Abschn. 2.1.1 Fußnote 4). Die Zulassung verpflichtet die Untersuchungsstelle u.a. zur Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen gemäß den AQA-Merkblättern der LAWA. Diese sind in aktualisierter Form ebenfalls der AQA (2002) zu entnehmen, wobei insbesondere auf folgende Abschnitte hingewiesen wird:

- Gewinnung von Grundwasserproben
 - Abschn. 2.3 Arbeitsschutz
 - Abschn. 2.4 Spartenerkundung
 - Abschn. 2.7 Grundwasser
- Probenbehandlung (Kapitel 3)
- Analytik (Abschn. 5.5 Wasseruntersuchung)
- Analytische Qualitätssicherung (Abschn. 5.8)

4.1.6 Beprobungsumfang

Die Stoffkonzentrationen im Grundwasser sind zeitlichen Änderungen unterworfen. Diese resultieren vor allem aus einem diskontinuierlichen Schadstoffaustrag der z.B. von Grundwasserstandsschwankungen verursacht wird. Daher sind in den meisten Fällen für eine sachgerechte Beurteilung mehrfache Untersuchungen des Grundwassers in definierten Zeitabständen erforderlich.

Allgemeine Hinweise zum Beprobungsrhythmus und Parameterumfang finden sich insbesondere in der LAGA-Informationsschrift "Altablagerungen und Altlasten" (1990).

In jedem Falle sollte eine Bestimmung folgender "Vor-Ort-Parameter" vorgenommen werden :

- sensorische Prüfung (Farbe, Trübung, Geruch, Bodensatz)
- physikalisch-chemische Parameter (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, ggf. Redoxpotenzial)
- gelöste Gase (Sauerstoff, ggf. Kohlendioxid)

Die Auswahl der weiteren Untersuchungsparameter richtet sich vor allem nach den Erkenntnissen über das mögliche Schadstoffpotenzial aus der standortbezogenen Erhebung für die zu beurteilende Fläche. Bei Altstandorten umfasst die Parameterliste i.d.R. die sogenannten "branchentypischen" Schadstoffe. Für die Festlegung können unterstützend vorhandene branchentypische Parameterkataloge herangezogen (vgl. Abschn. 3.2, Fußnote 9) oder spezielle DV-Systeme eingesetzt werden (z.B. XUMA-A^{MOR}). Diese sollen bei der Untersuchungsplanung jedoch nicht schematisch angewendet werden. Vielmehr ist der Parameterumfang den speziellen Gegebenheiten des Einzelfalls anzupassen. Der vorgeschlagene Untersuchungsumfang muss kritisch bewertet und im Einzelfall um Parameter erweitert oder verringert werden, wenn dies auf Grund von angetroffenen Fremdbeimengungen, Ergebnissen der Vor-Ort-Analytik oder organoleptischen Auffälligkeiten notwendig ist.

Die Planung des Parameterumfangs bei der Untersuchung heterogener Altablagerungen kann sich an die Technischen Regeln für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Abfallentsorgungsanlagen - Teil 1 Deponien (WÜ98) der LAGA (1998) anlehnen. Dabei ist insbesondere auch zu prüfen, inwieweit im Einzelfall eine Bestimmung der Parameter des dort so genannten "Paketes A" erforderlich ist.

Grundsätzlich besteht kein Unterschied im Parameterumfang zwischen orientierenden Untersuchungen und Untersuchungen in der Detailphase. Bei orientierenden Untersuchungen kann es jedoch je nach Erkenntnisstand über das Schadstoffpotenzial aus den standortspezifischen Erhebungen erforderlich sein, zunächst einen größeren Parameterumfang zu wählen, der bei Negativbefunden im Rahmen der weiteren Untersuchungen reduziert werden kann.

4.1.7 Beurteilung der Untersuchungsbefunde

Die Ergebnisse der Untersuchung des Grundwassers müssen im Hinblick auf zwei Fragestellungen beurteilt werden:

- Weist die Grundwasserbeschaffenheit im Abstrom einer zu beurteilenden Fläche im Vergleich zum Zustrom eine auf diese Fläche zurückzuführende signifikante nachteilige Veränderung auf?
- Welche Konsequenzen für das weitere Vorgehen resultieren aus einer festgestellten nachteiligen Veränderung des Grundwassers durch die Fläche?

Ob eine durch Analysen ermittelte Konzentrationsdifferenz zwischen An- und Abstrom "signifikant" ist, muss im Einzelfall gutachtlich beurteilt werden.

Dabei ist zu beachten, dass bereits geringe Veränderungen in der Grundwasserfließrichtung oder im Grundwasserstand dazu führen können, dass die Messstellen jeweils ein etwas anderes Einzugsgebiet aufweisen und sich dadurch auch veränderte Stoffkonzentrationen der Proben ergeben können. Zur Beurteilung sind daher i.d.R. mehrere Messungen erforderlich und begründete Feststellungen zu treffen, welche Werte miteinander verglichen werden (z.B. Mittelwerte oder minimale Oberstrom- mit maximalen Unterstromkonzentrationen).

Ein wesentliches Kriterium bei der Beurteilung von Untersuchungsbefunden ist die Reproduzierbarkeit der einzelnen Analysenwerte. Die Reproduzierbarkeit nimmt generell ab, je näher der Analysenwert an der Bestimmungsgrenze liegt. Wegen dieses Zusammenhanges sind für die vergleichende Beurteilung der ermittelten Konzentrationen im Zu- und Abstrom auch die Bestimmungsgrenzen sowie die Höhe der gefundenen Belastung insgesamt von Bedeutung¹⁵.

Wenn eine signifikante nachteilige Veränderung der Grundwasser-Beschaffenheit im Abstrom gegenüber dem Anstrom vorliegt, ist dieser Befund dahingehend zu beurteilen,

- ob anhand der vorliegenden Erkenntnisse eine abschließende Beurteilung der Grundwassersituation vorgenommen werden kann oder
- ob und welche weiteren Untersuchungen dazu erforderlich sind.

Die Entscheidung über die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen hat die zuständige Behörde im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsabwägung zu treffen (s. Abschn. 5.4). Die Grundlage für diese behördliche Entscheidung muss aber die gutachtliche Sachverhaltsermittlung und -darstellung liefern.

¹⁵ Im "Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten" (LWA 1989b) sind diese Zusammenhänge eingehender dargestellt. In dieser Schrift wurden zudem als Hilfsgrößen zur Ermittlung signifikanter anthropogener Veränderungen des Grundwasserabstroms im Vergleich zum Zustrom sogenannte "Differenzschwellenwerte" definiert und abgeleitet. Es wird aber darauf verwiesen, dass diese Differenzschwellen und ihre Berechnung im Hinblick auf die fortgeschrittenen Erkenntnisse und Erfahrungen bei Grundwasser-Untersuchungen sowie den Fortschritt der Analysetechnik nicht mehr unmittelbar angewendet werden können.

Zielrichtung weiterer Untersuchungen kann insbesondere sein:

- Die abschließende Erkundung der bereits eingetretenen Schadstoffbelastung im weiteren Grundwasserabstrom nach räumlicher Lage und Konzentrationsverteilung
- Die Prognose der zukünftigen Ausbreitungsentwicklung (s. Abschn. 4.2).

4.2 Prognose der zukünftigen Ausbreitungsentwicklung

Analog der Betrachtung des Stoffeintrags in das Grundwasser ist auch bei schon eingetretenen Grundwasserverunreinigungen im Regelfall die Prognose der zukünftigen Entwicklung der Schadstofffahne als Grundlage für sachgerechte Entscheidungen über weitere Maßnahmen erforderlich. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- voraussichtliche Veränderung der räumlichen Lage der Schadstofffahne,
- voraussichtliche Entwicklung der festgestellten Schadstoffkonzentrationen und Konzentrationsverteilungen in der Schadstofffahne,
- ggf. Bildung neuer Reaktions- und Abbauprodukte.

Wie in Abschnitt 3.5.2 bei der Prognose der zukünftigen Eintragsentwicklung dargelegt, können auch für diesen Schritt verbal-argumentative oder mathematische Methoden zum Einsatz kommen.

4.2.1 Verbal-argumentative Abschätzung

Als Grundlagen für die verbal-argumentative Prognose der zukünftigen Schadstoffausbreitung im Grundwasser dienen die Ergebnisse der Fahnenuntersuchung ("Fahnenbeschreibung") sowie alle in Abschnitt 4.1.2 genannten Daten und Erkenntnisse. Für die Abschätzung werden diese Faktoren mit hydro(geo)logischen, biologischen und physikochemischen Prozessvorstellungen verknüpft und in ein hydrogeologisches Gedankenmodell zur Stoffausbreitung integriert.

Bezüglich der zukünftigen Schadstoffausbreitung sind die Faktoren daraufhin zu überprüfen, ob bei ihnen zeitliche Veränderungen möglich sind. Solche Änderungen können z.B. auftreten bei:

- der Quellstärke (Veränderung des mobilisierbaren Schadstoffanteils: Erhöhung z.B. durch Versauerung von Böden, Verminderung durch Erschöpfung der Quelle oder durch Dekontaminations-/Sicherungsmaßnahmen)
- hydrogeologischen Kenngrößen (z.B. Änderung der Transmissivität, der Abstandsgeschwindigkeit und der Fließrichtung bei Verlagerung des Grundwasserstandes aufgrund von Grundwasserentnahmen oder Infiltrationen; Änderung der Adsorptions-, Desorptions- und Filtrationseigenschaften durch Erschöpfung),
- dem hydro-geochemischen Milieu im Grundwasserkörper (oxidierende/reduzierende Verhältnisse durch Schadstoffabbau, pH-Wert durch Versauerung).

Liegen bereits Daten aus früheren, evtl. auch wiederholten Grundwasseruntersuchungen vor, so sind diese für die Prognose der zukünftigen Schadstoffausbreitung heranzuziehen. Im Wesentlichen sind folgende Daten maßgeblich:

- Konzentrationsentwicklung der relevanten Schadstoffe in den Messstellen,
- ggf. Analysen von relevanten Metaboliten,
- allgemeiner Grundwasserchemismus: pH-Wert, Redoxpotenzial, Leitfähigkeit, Temperatur, Massenkonzentrationen, Sauerstoff, Nitrat, Sulfat und mögliche Abbauprodukte, CO_2 , Mn^{2+} , NH_4^{2+} , Fe^{2+} , S^{2-} , DOC, Feststellung anaerober und aerober Zonen im Grundwasser.

4.2.2 Abschätzung mit mathematischen Methoden

Zur Modellierung der Grundwasserströmung und des Schadstofftransportes im Grundwasser stehen - wie bei der Sickerwassermodellierung - grundsätzlich analytische Lösungen der Transportgleichung und numerische Modelle zur Verfügung (s. Abschn. 3.5.2.2). Ziel der Simulation ist hier die quantitative Prognose des Schadstofftransportes im Grundwasser als Funktion des Ortes und bei instationären Ansätzen auch als Funktion der Zeit unter Berücksichtigung von Diffusions-, Dispersions-, Advektions-, Reaktions- und Abbauprozessen.

Anders als bei den Modellen zur Simulation des Schadstofftransportes im Sickerwasser kann bei den Grundwassermodellen auf geeignete Modelle nach dem Stand der Technik zurückgegriffen werden.

Auch bei den Grundwassermodellen sind zur Beschreibung der Anfangs- und Randbedingungen standortspezifische Messungen erforderlich. Je komplexer die Fragestellung und das angewendete Modell, desto umfangreicher sind auch hier die zu erhebenden Daten zur Simulation des Strömungsfeldes und der Konzentrationsverteilung (s. Tab. 4.3). Je besser die Standortsituation durch Messdaten abgebildet ist, desto besser ist das Modellergebnis. Das sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie bietet innerhalb des Systems "SALFAWEB" die Nutzung einer Datenbank zur Auswahl von Simulationsmodellen ("DASIMA") an (s. Internetadressen im Nachspann).

Tab. 4.3: Inputdaten und Datenquellen analytischer bzw. numerischer Lösungen der Strömungs- und Transportgleichung für das Grundwasser

Inputdaten	Quelle der Inputdaten
Grundwasserströmungsfeld	Messungen des Grundwasserspiegels, Kartenwerke
Mächtigkeit des Grundwasserleiters	Bohrungen, Kartenwerke
Aquiferkennwerte wie Durchlässigkeit und Porosität	Literaturdaten, Laborversuche (z.B. Sieb-analyse), Pumpversuche
Schadstoffkonzentration im Grundwasser	analytische Messdaten
Retardierungsfaktoren	Literaturdaten, ggf. Laborversuche
Biologischer Abbau	
Dispersion/Diffusion	
Grundwasserchemie	analytische Messdaten

Wie bereits beim Einsatz mathematischer Methoden in der ungesättigten Zone ausgeführt, gilt auch hier, dass im Einzelfall bei der Methodenauswahl der Aufwand für die Datenerhebung und die Berechnung bzw. Modellierung gegen die zu erzielende Aussagefähigkeit des Ergebnisses und die erforderliche Detailschärfe der Prognose abzuwägen ist. Dabei ist noch einmal zu betonen, dass auch die "verbal-argumentative" Prognose die gleichen Eingangsinformationen benötigt wie eine mathematische Methode, um zu vergleichbaren Ergebnissen zu führen.

5 Vollzugsfragen bei der Untersuchung und Bewertung

5.1 Allgemeine Regelungen des Bodenschutzrechts über Planung und Umfang von Untersuchungen

Entscheidet die zuständige Behörde auf Grund von Erfassungsergebnissen, dass die Sachverhaltsermittlung für eine altlastverdächtige Fläche durch örtliche Untersuchungen fortzusetzen ist, wird sie zunächst prüfen, ob nicht schon die Voraussetzungen des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG vorliegen und ein bodenschutzrechtlich Pflichtiger zu den notwendigen Untersuchungen herangezogen werden kann. Es ist denkbar, dass im Einzelfall bereits bei diesem Verfahrensstand Erkenntnisse vorhanden sind, die "konkrete Anhaltspunkte" für den "hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast" bieten¹⁶.

Liegen der Behörde für die betreffende Fläche lediglich Anhaltspunkte i.S.d. § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG vor, muss sie insbesondere darüber befinden, welche Untersuchungen notwendig sind, um den (einfachen) Verdacht einer Altlast entweder auszuräumen oder die Verdachtslage im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG zureichend zu erhärten. Die für diesen Zweck erforderlichen Untersuchungen hat die Behörde im **Rahmen der Amtsermittlung** selbst durchzuführen; sie sind gleichbedeutend mit "orientierenden Untersuchungen", wie sie in der BBodSchV definiert sind (s. Abschn. 5.2.1).

Aus dem Vorstehenden ergibt sich zugleich, dass die BBodSchV den allgemeinen Rahmen für **orientierende Untersuchungen** nicht im Sinne eines **fachlichen** Standardprogramms vorgibt, sondern auf einen Erkenntnisstand abstellt, der näher bezeichnete **rechtliche** Feststellungen ermöglicht. Maßgebend für **Art und Umfang** einer orientierenden Untersuchung sind deshalb die Erkenntnisse, die benötigt werden, um für eine bestimmte altlastverdächtige Fläche das in § 2 Nr. 3 BBodSchV genannte Ziel einer orientierenden Untersuchung zu erreichen (s. Abschn. 5.2.1). Daher sind die Regelungen zur orientierenden Untersuchung bezogen auf den Einzelfall entsprechend auszulegen.

Für die orientierende Untersuchung wie für nachfolgende Verfahrensschritte gilt allgemein, dass Art und Umfang notwendiger Untersuchungen anhand der Erfassungsergebnisse und der zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungsbefunde festzulegen sind, um zutreffende und ausreichende Resultate mit angemessenem Aufwand zu erzie-

¹⁶ Näheres dazu u. a. bei BICKEL 2002, Rdnr. 12 zu § 9; FRENZ 2000, Rdnr. 43 ff. zu § 9; GIESBERTS in : FLUCK 1995/2001, Rdnr. 103 zu § 9; HIPPE, RECH, TURIAN 2000, Rdnr. 376 f.

len. § 2 Nr. 3 BBodSchV sagt ausdrücklich, dass eine orientierende Untersuchung **auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung** durchgeführt wird. Entsprechend ist in Anhang 1 Nr. 1 BBodSchV geregelt, dass bei der Festlegung des Untersuchungsumfangs die Ergebnisse der Erfassung zu berücksichtigen sind. Diese Regelungen stellen auf einen systematischen Verfahrensablauf ab, bei dem sich die Untersuchungsplanung auf sachgerecht ermittelte und ausgewertete Ergebnisse einer abgeschlossenen Erfassung stützen kann. Hat die Erfassung diesen Stand für eine altlastverdächtige Fläche noch nicht erreicht, ist sie vor der Untersuchungsplanung durch **standortbezogene Erhebungen** zu vervollständigen.

Standortbezogene Erhebungen gehören, wenn die Voraussetzungen des § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG vorliegen, zu den von der zuständigen Behörde zu ergreifenden Maßnahmen. Solche Erhebungen schließen eine "**historisch deskriptive Recherche**" (historische Erkundung) über die betreffende altlastverdächtige Fläche und die Informationsbeschaffung über die sonstigen beurteilungserheblichen **örtlichen Gegebenheiten** ein.

Sind nach einer orientierenden Untersuchung vertiefte weitere Untersuchungen erforderlich und liegen die Voraussetzungen des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG vor, dann steht die zuständige Behörde vor der Frage, welche Maßnahmen sie bei einer **Untersuchungsanordnung** verlangen kann. Nach der Systematik der BBodSchV zählen alle auf eine orientierende Untersuchung folgenden Untersuchungen, die der abschließenden Gefährdungsabschätzung dienen, zur **Detailuntersuchung**. Die in der Begriffsbestimmung der Detailuntersuchung (§ 2 Nr. 4 BBodSchV) sowie die in § 9 Abs. 1 Satz 3 BBodSchG beispielhaft genannten Untersuchungsgegenstände sind für den Inhalt von Untersuchungsanordnungen richtungsweisend (s. Abschn. 5.3.2).

Neben den Begriffsbestimmungen in § 2 Abs. 3 und 4 enthält die BBodSchV sowohl **allgemeine Regelungen** über Untersuchungen zur Sachverhaltsermittlung als auch **spezielle Regelungen** für die orientierende Untersuchung (§ 3 Abs. 3 und 4, Anhang 1 Nr. 1.1) und die Detailuntersuchung (§ 3 Abs. 5 und Anhang 1 Nr. 1.2). Die grundsätzlich für alle Untersuchungsschritte geltenden allgemeinen Maßgaben werden im Folgenden erläutert, die speziellen Regelungen sind Gegenstand der Abschnitte 5.2 und 5.3.

Allgemeine Regelungen über die Festlegung des **Untersuchungsumfangs** und Hinweise auf den dafür **erforderlichen Kenntnisstand** sowie einige weitere Maßgaben finden sich in den einleitenden Vorschriften (vor Nr. 1) und in Nr. 1 des Anhangs 1 BBodSchV.

Bedeutsam für die Untersuchungsplanung sind auch die Regelungen in Anhang 1 Nr. 2 BBodSchV (Probennahme), hier insbesondere vor Nr. 2.1 sowie die Nrn. 2.1 und 2.1.3.

Für die Festlegung des Untersuchungsumfangs bei altlastverdächtigen **Altablagerungen** hat Satz 2 der einleitenden Vorschriften zu Anhang 1 BBodSchV grundlegende Bedeutung. Danach "*richten sich der Untersuchungsumfang und die Probennahme, insbesondere hinsichtlich der Untersuchungen auf Deponiegas, leichtflüchtige Schadstoffe, abgelagerte Abfälle und des Übergangs von Schadstoffen in das Grundwasser, nach den Erfordernissen des Einzelfalles*".

Diese Regelung nimmt altlastverdächtige Altablagerungen und darauf beruhende Altlasten von den Regelungen des Anhangs 1 über den **Untersuchungsumfang** und über die **Probennahme**, jedoch **nicht** von den **übrigen Anforderungen** aus. Da der Abfallkörper von Altablagerungen regelmäßig ein heterogenes Gemisch von unterschiedlichen Abfällen und Abfallbestandteilen darstellt, ist eine repräsentative Beprobung des Abfallkörpers i.d.R. nicht möglich. Die Untersuchung im Hinblick auf Emissionen, auf die Beschaffenheit des Untergrundes, auf ggf. vorhandene bautechnische Sicherungsvorkehrungen usw. erfordert deshalb ein auf die Umstände des Einzelfalles abgestelltes Untersuchungsprogramm unter **sinngemäßer** Anwendung der in Anhang 1 verankerten Grundsätze und Regeln.

Auch bei der Untersuchung altlastverdächtigter **Altstandorte** können die konkreten Maßgaben der BBodSchV nach den Erfordernissen des Einzelfalles differenziert werden. Der als gesetzliche Regelung vorrangige § 9 Abs. 1 BBodSchG verlangt "*geeignete Maßnahmen*" bzw. "*notwendige Maßnahmen*" und nennt beispielhaft Sachverhaltsmerkmale, die bei der Untersuchung und Bewertung insbesondere berücksichtigt werden sollen.

Im Folgenden werden, ausgehend von den Regelungen der BBodSchV, nähere Hinweise zur Ausgestaltung von orientierenden Untersuchungen und zu den Anforderungen an Detailuntersuchungen gegeben. Diese Hinweise sind auf eine idealtypische Schrittfolge bei der Sachverhaltsermittlung und den Gegenstand dieser Schrift abgestellt. Bei inhaltlichen Festlegungen zu Untersuchungen im Einzelfall (hier für eine Eintragsprognose oder eine Grundwasseruntersuchung) sind stets auch die in den Rechtsvorschriften eröffneten Möglichkeiten für eine Differenzierung zu sehen.

Ausdrücklich sei empfohlen, die Untersuchung altlastverdächtigter Flächen auch dann an der BBodSchV und den Hinweisen dieser Schrift zu orientieren, wenn es sich z.B. um Bodenuntersuchungen für Zwecke der Bauleitplanung oder für Erschließungsvorhaben privater Träger handelt. Die Untersuchungssystematik und die konkreten Regelungen der

BBodSchV stellen auf eine sachgerechte und abschließende Aufklärung des Sachverhalts ebenso ab, wie auf ein möglichst günstiges Verhältnis von Untersuchungsaufwand und Aussagekraft der Ergebnisse. Soweit sich aus solchen Untersuchungen Sanierungserfordernisse nach BBodSchG ergeben sollten, ist auch am ehesten zu erwarten, dass die Befunde von der zuständigen Bodenschutzbehörde unmittelbar verwertet werden können.

5.2 Umfang von orientierenden Untersuchungen

5.2.1 Untersuchungszweck

Die Begriffsbestimmung des § 2 Nr. 3 BBodSchV nennt als **Zweck** einer **orientierenden Untersuchung** ausdrücklich die

"Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 des Bundesbodenschutzgesetzes besteht".

Die BBodSchV rechnet diesem Verfahrensschritt demnach alle örtlichen Untersuchungen zu, die von der zuständigen Behörde **von Amts wegen** durchgeführt werden, um die Voraussetzungen für eine Untersuchungsanordnung abschließend zu klären. Stellt die Behörde nach der Bewertung vorliegender Untersuchungsergebnisse fest, dass

- der Verdacht einer Altlast ausgeräumt ist und - bezogen auf die von ihr gesehenen Anhaltspunkte - weitere Maßnahmen nicht erforderlich sind
oder
- ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG besteht und die sonstigen Voraussetzungen für die Anordnung einer Detailuntersuchung gegeben sind (d.h. ein leistungsfähiger Pflichtiger kann herangezogen werden und die Erkenntnisse für eine inhaltlich hinreichend bestimmte Untersuchungsanordnung liegen vor),

dann **endet** auch der Teil einer Gefährdungsabschätzung, den die zuständige Behörde **im Wege der Amtsermittlung** generell **selbst** zu übernehmen hat.

Der **Verdacht** einer Altlast ist - bezogen auf den entsprechenden Wirkungspfad - **ausgeräumt**, wenn der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffs unterhalb des jeweiligen Prüfwertes liegt (§ 4 Abs. 2 BBodSchV) und die erforderlichen Abschätzungen der

zukünftigen Entwicklung eine Prüfwertüberschreitung in überschaubarer Zukunft nicht erwarten lassen.

Was einen **hinreichenden Verdacht** trägt, geht (nicht abschließend) aus § 3 Abs. 4 BBodSchV hervor. Konkrete Anhaltspunkte, die den hinreichenden Verdacht einer Altlast begründen, liegen danach in der Regel vor, wenn Untersuchungen eine Überschreitung von Prüfwerten ergeben oder wenn auf Grund einer Sickerwasserprognose (§ 4 Abs. 3) eine Überschreitung von Prüfwerten zu erwarten ist. Nach § 3 Abs. 4 Satz 2 kann ein hinreichender Verdacht auch auf Grund sonstiger Feststellungen bestehen (s. hierzu die Verweise auf Kommentarliteratur in Abschn. 5.1, Fußnote 16).

Eine orientierende Untersuchung ist demnach darauf auszurichten, bei der altlastverdächtigen Fläche bzw. gesondert zu betrachtenden Teilbereichen eine **Über- oder Unterschreitungen von Prüfwerten** für die relevanten Wirkungspfade zu ermitteln bzw. zu prognostizieren oder - ggf. über Erkenntnisse aus der Erfassung hinaus - **sonstige Feststellungen** über das Bestehen eines hinreichenden Verdachts zu treffen. In manchen Fällen kann auch eine grobe Einschätzung von Schadstofffrachten nötig sein, um die Verhältnismäßigkeit der Untersuchungsanordnung zu rechtfertigen (Näheres in den folgenden Abschnitten).

Aufschlussreich ist im vorliegenden Zusammenhang ein Beschluss des OVG NRW¹⁷ zur Untersuchungsverfügung für eine Hausmülldeponie. Der Beschlussbegründung lässt sich u.a. entnehmen, welche Anhaltspunkte nach Meinung des Gerichts "*den zureichend verlässlichen Schluss auf einen hinreichenden Verdacht*" **nicht** zulassen. Danach unterfällt ein "*Prüfansatz, der in den 70-er Jahren betriebene Hausmülldeponien generell erfasst, und damit ‚branchenbezogen‘ ist*", dem Regelungsbereich des § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG (und trägt keinen "hinreichenden" Verdacht aufgrund von "konkreten" Anhaltspunkten).

Weiterhin gäbe das "*Fehlen der aus heutiger Sicht notwendigen Sicherheitsvorkehrungen bei einer Deponie keinen signifikanten Aufschluss darüber, ob bzw. in welchem Umfang welche Schadstoffe aus der Deponie etwa in das Grundwasser und die Luft gelangen.*" Es ergäbe sich daraus ferner "*nichts Konkretes im Hinblick auf das Gefahrenpotential bei den mit der Ordnungsverfügung vorgegebenen Untersuchungsparametern.*"

¹⁷ OVG NRW, Beschluss vom 23. Februar 2001 - 20 B 1710/00 8 L 964/97 Münster

Insgesamt lässt sich aus der Beschlussbegründung ablesen, dass Kenntnisse über das spezifische Emissionsverhalten bestimmter Abfälle oder Fallgruppen von Deponien, Befunde aus großräumigeren Untersuchungen über die Untergrundbeschaffenheit oder andere allgemeine Erkenntnisse für sich allein einen hinreichenden Verdacht nicht begründen können. Vielmehr ist unter **Berücksichtigung der bereits vorliegenden Erkenntnisse** schlüssig darzulegen, dass sich daraus bei gegebenem Ermittlungsstand zutreffende Feststellungen für den Einzelfall ableiten lassen.

5.2.2 Spezielle Regelungen über orientierende Untersuchungen

Näheres über den **Umfang** einer orientierenden Untersuchung und den für eine zweckmäßige Untersuchungsplanung **erforderlichen Kenntnisstand** ergibt sich zunächst aus den Sätzen 1 und 2 des Anhangs 1 Nr. 1 Abs. 1 BBodSchV. Diese Regelungen gelten zwar allgemein für Untersuchungen, sie haben in erster Linie aber Bedeutung für orientierende Untersuchungen.

Satz 1 stellt eingangs klar, dass ein Untersuchungserfordernis nur für die Wirkungspfade besteht, *"für die sich auf Grund der im Einzelfall vorliegenden Informationen der Verdacht einer Gefahr ergibt"*. Dies gilt generell und nicht nur insoweit, als sich Regelungen über bestimmte Wirkungspfade in der BBodSchV finden.

Nach Satz 2 sind bei *"der Festlegung des Untersuchungsumfangs ... die Ergebnisse der Erfassung, insbesondere die Kenntnisse oder begründete Vermutungen über das Vorkommen bestimmter Schadstoffe und deren Verteilung ... sowie die sonstigen beurteilungserheblichen örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen"*. (Nr. 1. Abs. 3 stellt hinsichtlich des in Satz 2 zusätzlich enthaltenen Nutzungsbezugs klar, dass bei dem Wirkungspfad Boden - Grundwasser nicht nach der Bodennutzung zu unterscheiden ist.)

Darüber hinaus ist von den **speziellen Vorschriften** über orientierende Untersuchungen in Anhang 1 Nr. 1.1 BBodSchV Folgendes für die Erkundung altlastbedingter Grundwassergefahren bedeutsam:

- *"Orientierende Untersuchungen von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Altstandorten sollen insbesondere auch auf die Feststellung und die Einschätzung des Umfangs von Teilbereichen mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten ausgerichtet werden."*

- *"Bei altlastverdächtigen Altablagerungen sind in der Regel ... Untersuchungen insbesondere auch hinsichtlich des Übergangs von Schadstoffen in das Grundwasser durchzuführen."*
- *"Sind bei Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen auf Verlangen der dafür zuständigen Behörde Untersuchungen des Grund- oder Oberflächenwassers durchzuführen, ist dies bei der Festlegung von Umfang und Ablauf der orientierenden Untersuchung für Boden- oder Sickerwasseruntersuchungen zu berücksichtigen."*

Festzuhalten ist an dieser Stelle, dass nach der o.a. Regelung bereits die orientierende Untersuchung von altlastverdächtigen **Altstandorten** darauf ausgerichtet werden soll, **Teilbereiche** mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten **festzustellen** und deren Umfang **einzuschätzen**. Unbeschadet der in der BBodSchV ausdrücklich eröffneten Differenzierungsmöglichkeiten kommen entsprechende Maßnahmen vor allem dann in Betracht, wenn nach den Erfassungsergebnissen unterschiedlich belastete Teilflächen vermutet werden. Die Wortwahl der Regelung legt nahe, dass dabei dem Grunde nach festgestellt werden soll, ob Teilbereiche mit entscheidungserheblich unterschiedlichen Belastungen tatsächlich vorhanden sind, und dass es bei der Einschätzung des Umfangs solcher Teilbereiche um eine Grundlage für Festlegungen über weitergehende Untersuchungen geht (s. hierzu auch Abschn. 5.2.3.2).

Hervorzuheben ist weiterhin, dass die BBodSchV bei der **orientierenden Untersuchung** von altlastverdächtigen **Altablagerungen** grundsätzlich eine **Eintragsprognose** verlangt. Nähere Hinweise dazu werden im Folgenden gegeben.

5.2.3 Orientierende Untersuchung - Eintragsprognose

Die Prüfung, welche konkreten Untersuchungen angesichts der vorgenannten Regelungen den Abschluss einer orientierenden Untersuchung im Einzelfall erwarten lassen, erstreckt sich bezüglich der Eintragsprognose vor allem auf

- die geeignete **Verfahrensweise** und die geeigneten **Methoden** zur Abschätzung des Stoffeintrags in das Grundwasser,
- die Anzahl und Anordnung der **Probennahmestellen** und
- die zu untersuchenden **Schadstoffe** (Analyseumfang).

Hinweise zur Auswahl von Untersuchungsparametern finden sich in den Abschnitten 3.2 und 4.1.6. Zur Verfahrensauswahl und zum Umfang der "Boden"-Probennahme für orientierende Untersuchungen lassen sich aus der BBodSchV und vorliegenden Erfahrungen folgende Hinweise ableiten:

5.2.3.1 Auswahl von Verfahrensweisen und Untersuchungsmethoden

Die Einsatzbereiche und Anwendungsgrenzen der für eine Eintragsprognose in Betracht kommenden Untersuchungsmethoden sind in Kapitel 3 und Anhang 1 dieser Schrift im Einzelnen dargestellt. Welche dieser Methoden in der jeweiligen Untersuchungsphase geeignet und angemessen sind, richtet sich nach der konkreten Fallgestaltung, den örtlichen Gegebenheiten sowie den Vorkenntnissen aus standortbezogenen Erhebungen und ggf. vorangegangenen Untersuchungen. Mitbestimmend ist auch, inwieweit geeignete Messstellen oder Messeinrichtungen bereits vorhanden sind und für die Untersuchung der betreffenden Fläche und ihres Einwirkungsbereichs genutzt werden können.

Abschätzung gegenwärtiger Schadstoffeinträge

Um bei einer **altlastverdächtigen Altablagerung** zu ermitteln, ob von ihr **gegenwärtig** Stoffeinträge in das Grundwasser ausgehen, sind **Grundwasseruntersuchungen** die geeignete Verfahrensweise, sofern repräsentative Untersuchungen des Grundwasseran- und -abstroms nach den Untergrundverhältnissen möglich sind und der Bau notwendiger Grundwassermessstellen keinen unverhältnismäßigen Aufwand verursacht. Sachgerechte Grundwasseruntersuchungen bieten i.d.R. die verlässlichste Entscheidungsgrundlage dafür, ob von der zu beurteilenden Fläche gegenwärtig ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser ausgeht oder nicht.

Im Falle **altlastverdächtiger Altstandorte** sind orientierende Grundwasseruntersuchungen zur Abschätzung des **gegenwärtigen** Stoffeintrags immer dann angeraten, wenn Grundwasserverunreinigungen nach den Erfassungsergebnissen und Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen eher wahrscheinlich sind. Auch hier bieten sachkundig ermittelte Ergebnisse

- die verlässlichste Entscheidungsgrundlage darüber, ob Schadstoffe bereits in das Grundwasser eingetragen wurden (unabhängig davon, ob die Schadstoffquelle in der gesättigten oder ungesättigten Zone liegt),

- die Möglichkeit, unter bestimmten Voraussetzungen die Sickerwasser-Konzentration am Ort der Beurteilung abzuschätzen oder auf die Kontaktgrundwasserkonzentration rückzuschließen, und
- bei Prüfwertüberschreitung eine unmittelbare Handhabe für die Anordnung von weitergehenden Maßnahmen (Prüfwertüberschreitung im Abstrom unter Berücksichtigung der Anstromkonzentration belegt Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser).

Im Hinblick auf **gegenwärtige Schadstoffeinträge** ist die Beurteilung von In-situ- oder Materialuntersuchungen i.d.R. mit wesentlich größeren Unsicherheiten behaftet als diejenige von Grundwasseruntersuchungen. Ist keine Beprobung des Grundwassers möglich bzw. der Beprobungsaufwand unangemessen hoch, muss sich die Abschätzung gleichwohl auf andere Untersuchungen stützen.

Untersuchungen am Feststoff bzw. im Eluat/Extrakt sind regelmäßig auch zusätzlich zu Grundwasseruntersuchungen erforderlich, um den **zukünftigen Schadstoffeintrag** in das Grundwasser abschätzen zu können (s.u.).

Stützt sich eine Eintragsprognose hinsichtlich **gegenwärtiger Schadstoffeinträge** auf **Grundwasseruntersuchungen**, reicht bei der orientierenden Untersuchung der Rückschluss aus, **ob** die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung bzw. die Konzentration im Kontaktgrundwasser die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser überschreitet oder nicht (Näheres s. Abschn. 3.5.3). Werden unter Abzug der Vorbelastung die Prüfwerte im unmittelbaren Abstrom überschritten, kann von einer Prüfwertüberschreitung auch am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser ausgegangen werden. Überschlägig einzuschätzen ist außerdem die Größenordnung einer Prüfwertüberschreitung und ggf. der Schadstofffrachten.

Nähere Regelungen über die **Untersuchung des Grundwassers** im Einwirkungsbereich von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten sind in der BBodSchV nicht enthalten. Anhang 1 der Verordnung findet *"nur Anwendung bei der Untersuchung von Böden, Bodenmaterialien und sonstigen Materialien, die im Boden oder auf den Böden von ... altlastverdächtigen Flächen vorkommen ... sowie von Bodenluft."* Einzelheiten von Grundwasseruntersuchungen sollten deshalb aufgrund eines Vorschlags von Fachleuten festgelegt werden, wenn die zuständige Behörde solche Untersuchungen im Rahmen einer orientierenden Untersuchung für erforderlich und angemessen hält.

Lage, Art und Anzahl der Grundwassermessstellen sowie die zu untersuchenden Parameter hängen von den Umständen des Einzelfalls ab. Fachliche Hinweise insbesondere auch zum Ausbau einzurichtender Grundwassermessstellen finden sich in Kapitel 4 dieser Schrift.

Greift die Abschätzung der gegenwärtigen Stoffeinträge auf **Materialuntersuchungen** zurück, so müssen diese und die Erkundung der Boden-/Untergrundverhältnisse auf dem Niveau einer orientierenden Untersuchung ausreichende Ergebnisse liefern, um in Verbindung mit allgemeinen Fachkenntnissen oder Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen sowohl den **Schadstoffaustrag** aus den belasteten Bodenbereichen als auch **Rückhaltung und Abbau in der ungesättigten Bodenzone** im Wege einer vereinfachten Transportprognose grob abschätzen zu können. Sinngemäß gilt dies auch für Schadstoffquellen in der gesättigten Zone.

Die **Mobilität** und **Mobilisierbarkeit** der Schadstoffe kann mittels der in Kapitel 3 genannten Elutions-/Extraktionsuntersuchungen unter Beachtung der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Schadstoffe beurteilt werden. Hierzu ist die aktuelle Fachliteratur heranzuziehen. Kriterien zur Abschätzung der **Rückhalte- und Abbauwirkung** der ungesättigten Bodenzone sind in Abschnitt 3.5.2.1 genannt.

Die Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags in das Grundwasser aufgrund von Materialuntersuchungen kann sich im Rahmen einer orientierenden Untersuchung darauf beschränken, **ob** eine Prüfwertüberschreitung vorliegt oder in überschaubarer Zukunft zu erwarten ist. Ggf. ist die annähernde Größenordnung einer Überschreitung anzugeben. Bei Vorliegen unterschiedlich belasteter Teilbereiche sollte diese Abschätzung räumlich hinreichend differenziert sein. Für eine als notwendig erachtete Berücksichtigung von Frachten ist eine grob überschlägige Einschätzung ausreichend. Entsprechendes gilt für eine auf Materialuntersuchungen gestützte Abschätzung des zukünftigen Stoffeintrags in das Grundwasser.

Abschätzung künftig zu erwartender Schadstoffeinträge

Für eine Abschätzung **künftig zu erwartender Stoffeinträge** müssen bei **altlastverdächtigen Altstandorten** nach der Detailuntersuchung grundsätzlich Ergebnisse von Feststoff- und (ggf. speziellen) Eluat-/Extraktuntersuchungen vorliegen. Bei vorangehenden orientierenden Untersuchungen wird eine auf Materialuntersuchungen gestützte Eintragsprognose vielfach dann erforderlich sein (u.U. zusätzlich), wenn im Boden vermutete Schadstoffe das Grundwasser noch nicht erreicht haben und eine Anordnung von Maßnahmen sich nicht allein schon auf eine festgestellte Grundwasserverunreinigung oder andere Erkenntnisse stützen kann.

Bei **altlastverdächtigen Altablagerungen** liefern Materialuntersuchungen hingegen nur ausnahmsweise verwertbare Ergebnisse für die Abschätzung der künftigen Eintragsentwicklung (etwa bei Abfallkörpern aus mineralischen Abfällen eines bestimmten Produktionsverfahrens). I.d.R. wird die Abschätzung hier von konkreten Erkenntnissen über die Eigenschaften der vermuteten Abfälle im Ablagerungszeitraum, über die Untergrundverhältnisse und über ähnlich gelagerte Fälle ausgehen müssen (z.B. von Sickerwasseruntersuchungen bei zureichend vergleichbaren Deponien). Ein bloßer Verweis auf allgemeine Erfahrungen reicht allerdings nicht aus (s. Abschn. 5.2.1).

Unmittelbar verwertbare Ergebnisse über die Quellstärke können erzielt werden, wenn es möglich ist, am Hang oder am Fuß einer Altablagerung austretendes Sickerwasser zu untersuchen. Konkrete Daten über die örtlichen Untergrundverhältnisse für die Einschätzung von Rückhaltung und Abbau in der ungesättigten Bodenzone fallen bei der grundsätzlich erforderlichen Errichtung von Grundwassermessstellen an (Anhang 1 Nr. 1.1 BBodSchV). Sind vorhandene Messstellen nutzbar oder werden Messstellen im Ausnahmefall nicht benötigt bzw. sind unverhältnismäßig, hängt es von den im Einzelfall verfügbaren Informationen ab (z.B. aus Unterlagen des geologischen Dienstes oder von Fachdienststellen), ob eine besondere Erkundung des Deponieuntergrundes erforderlich ist.

5.2.3.2 Probennahmestellen

Von den Regelungen über die Probennahme in Anhang 1 Nr. 2 BBodSchV haben folgende Passagen für die **Eintragsprognose** Bedeutung:

- *"Das Vorgehen bei der Probennahme richtet sich insbesondere nach .. der Flächengröße, der auf Grund der Erfassungsergebnisse vermuteten vertikalen und horizontalen Schadstoffverteilung ... und der früheren Nutzung."*
- *"Untersuchungsflächen sollen für die Probennahme in geeignete Teilflächen gegliedert werden. Die Teilung soll auf Grund eines unterschiedlichen Gefahrenverdachts, einer unterschiedlichen Bodennutzung, der Geländeform oder der Bodenbeschaffenheit sowie von Auffälligkeiten ... oder anhand von Erkenntnissen aus der Erfassung erfolgen."*
- *"Soll die räumliche Verteilung der Schadstoffe ermittelt werden, ist die zu untersuchende Fläche oder Teilfläche grundsätzlich unter Zuhilfenahme eines Rasters repräsentativ zu beproben. Soweit aus Vorkenntnissen, bei altlastverdächtigen Altstandor-*

ten insbesondere nach den Ergebnissen der Erfassung, eine Hypothese über die räumliche Verteilung der Schadstoffe abgeleitet werden kann, ist diese bei der Festlegung der Probennahmestellen und des Rasters zu berücksichtigen. Für die Festlegung von Probennahmestellen können auch Ergebnisse aus einer geeigneten Vor-Ort-Analytik herangezogen werden."

- *"Vermutete Schadstoffanreicherungen sind gezielt zu beproben. Die Beprobung ist, insbesondere hinsichtlich Zahl und räumlicher Anordnung der Probennahmestellen, so vorzunehmen, daß der Gefahrenverdacht geklärt, eine mögliche Gefahr bewertet werden und eine räumliche Abgrenzung von Schadstoffanreicherungen erfolgen kann."*

Die vorstehenden Regelungen unterscheiden nicht nach einzelnen Untersuchungsphasen. Inwieweit sie bei Entscheidungen über orientierende Untersuchungen zu berücksichtigen sind, ergibt sich vor allem aus dem Untersuchungszweck, den Umständen des Einzelfalles sowie grundsätzlich aus den einleitenden Vorschriften und den speziellen Regelungen in Anhang 1 BBodSchV. Danach lassen sich **für orientierende Untersuchungen insbesondere folgende Differenzierungen** ableiten:

- Die **Klärung** des Gefahrenverdachts bezieht sich im Rahmen einer orientierenden Untersuchung (lediglich) auf das Vorhandensein einer zureichend erhärteten Verdachtslage im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG. Es muss nicht schon die Grundlage für eine abschließende Bewertung bestehender Gefahren geschaffen werden.
- Für altlastverdächtige **Altablagerungen** wird ausdrücklich hervorgehoben, dass sich der Untersuchungsumfang und die Probennahme nach den Erfordernissen des Einzelfalles richten.
- Anzahl und räumliche Anordnung der Probennahmestellen bei altlastverdächtigen **Altstandorten** müssen nötigenfalls ausreichen, um bei entsprechenden Hinweisen aus der Erfassung feststellen zu können, **ob** Teilbereiche mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten tatsächlich bestehen. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwieweit es erforderlich ist, den **Umfang** solcher Teilbereiche (annähernde Erstreckung, Belastungsunterschiede) für eine hinreichend bestimmte Untersuchungsanordnung **einschätzen** zu können.
- Eine gezielte Beprobung der Bereiche, auf denen nach den Vorkenntnissen aus der Erfassung Schadstoffanreicherungen vermutet werden, ist insoweit nötig, als die Voraussetzungen für eine Untersuchungsanordnung noch nicht vorliegen. Um andererseits den Verdacht einer Altlast ausräumen zu können, ist mindestens durch Stichpro-

ben zu prüfen, ob die Teilbereiche, die nach der historischen Recherche ein erhöhtes Belastungsrisiko aufweisen, tatsächlich höher belastet sind als die Standortumgebung oder nicht.

- Ob bei dem einzelnen Altstandort ausnahmsweise auf die Probennahme nach einem Raster verzichtet werden kann, ist nach strengem Maßstab zu entscheiden. Beispielsweise müssen die Lage risikobehafteter Anlagen und Arbeitsbereiche der Vornutzungen vollständig bekannt sein und Verlagerungen ggf. belasteter Böden mit überwiegender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden können. Erforderlich ist ein Raster regelmäßig dann, wenn keine Hinweise auf Belastungsschwerpunkte vorliegen.

Typ und Abstände eines Rasters überlässt die Verordnung der Einzelfallentscheidung, weil Vorkenntnisse über die zu erwartende räumliche Verteilung der Schadstoffe dabei zu berücksichtigen sind. Zur Feststellung der vertikalen Schadstoffverteilung muss eine **horizont- oder schichtspezifische Beprobung** erfolgen.

In jedem Fall ist *"das Vorgehen bei der Probennahme zu begründen und zu dokumentieren"* (Anhang 1 Nr. 2 Satz 4 BBodSchV).

5.2.4 Orientierende Untersuchung - Grundwasser

Ist durch eine Eintragsprognose, die sich auf Grundwasseruntersuchungen oder andere Erkundungen stützt (s. Abschn. 5.2.3.1), das Ziel einer **orientierenden Untersuchung** für den Pfad „Boden-Grundwasser“ erreicht, bedarf es in deren Rahmen keiner zusätzlichen Untersuchung des Grundwassers. Nähere Hinweise zum Umfang der vertieften weiteren Untersuchung (Detailuntersuchung) von dem Grunde nach festgestellten Grundwasser-Verunreinigungen werden in Abschnitt 5.3.3 gegeben.

5.3 Umfang von Detailuntersuchungen

5.3.1 Spezielle Regelungen im Bodenschutzrecht

Nach § 3 Abs. 4 BBodSchV soll eine **Detailuntersuchung** durchgeführt werden, wenn konkrete Anhaltspunkte den hinreichenden Verdacht einer Altlast begründen. Letzteres ist zugleich die Voraussetzung, unter der die zuständige Behörde anordnen kann, dass ein Verpflichteter die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen hat (§ 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG). Die Detailuntersuchung umfasst demnach alle örtlichen Untersuchungen und sonstigen Ermittlungen zur **abschließenden Gefähr-**

dungsabschätzung, deren Durchführung einer in § 4 Abs. 3, 5 und 6 BBodSchG genannten Person auferlegt werden kann. (Näheres zur Anordnungsbefugnis und zu den Pflichten der zuständigen Behörde s. Abschn. 2.1.1.)

Der v.g. **Zweck** einer **Detailuntersuchung** und Anforderungen an deren **Umfang** ergeben sich aus der Begriffsbestimmung in § 2 BBodSchV und insbesondere auch aus den nachfolgend zitierten Regelungen:

§ 2 Nr. 4 BBodSchV:

"Detailuntersuchung:

Vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in Boden, Gewässer und Luft sowie der Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen dient."

§ 9 Abs. 1 Satz 3 BBodSchG:

"Im Rahmen der Untersuchung und Bewertung sind insbesondere Art und Konzentration der Schadstoffe, die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die Nutzung des Grundstücks nach § 4 Abs.4 zu berücksichtigen."

§ 3 Abs. 5 BBodSchV:

"(5) Bei Detailuntersuchungen soll auch festgestellt werden, ob sich aus räumlich begrenzten Anreicherungen von Schadstoffen innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche Gefahren ergeben und ob und wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Flächen geboten ist."

Anhang 1 Nr. 1.2 BBodSchV:

"Bei der Detailuntersuchung sollen neben den unter § 3 Abs. 5 und 6 dieser Verordnung genannten Sachverhalten auch die für die Wirkungspfade maßgeblichen Expositionsbedingungen, insbesondere die für die verschiedenen Wirkungspfade bedeutsamen mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte, geklärt werden. Es soll auch festgestellt werden, ob sich aus räumlich begrenzten Anreicherungen von Schadstoffen innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche Gefahren ergeben und ob und wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Flächen geboten ist."

Die wiederholte Verwendung der Wörter "*insbesondere*" und "*auch*" stellt klar, dass es sich bei den vorstehenden Regelungen nicht um eine abschließende Aufzählung der Anforderungen handelt. Die zuständige Behörde kann auch andere Untersuchungen anordnen, wenn sie diese im Einzelfall als notwendig erachtet.

Die Duldungspflichten für die von den Untersuchungen Betroffenen sind in § 3 Abs. 2 LbodSchG geregelt.

5.3.2 Detailuntersuchung - Eintragsprognose

Für eine Untersuchungsanordnung zur Eintragsprognose sind die oben zitierten Vorschriften vor allem in folgender Hinsicht von Bedeutung:

Art, Konzentration und Menge der Schadstoffe

Im Rahmen der Detailuntersuchung müssen die Ergebnisse der orientierenden Untersuchung ggf. auch darüber vervollständigt werden, **welche** für die abschließende Bewertung von Grundwassergefahren bedeutsamen **Schadstoffe** bei der einzelnen altlastverdächtigen Fläche bzw. Altlast vorkommen und **in welchen Konzentrationen** diese Stoffe vorliegen. Nähere Hinweise über die unterschiedlichen Ermittlungsmöglichkeiten bei Altablagerungen und Altstandorten sowie über die Festlegung von Untersuchungsparametern geben die Abschnitte 3.2 und 4.1.6.

Eine **Detailuntersuchung** beinhaltet nach § 2 Nr. 4 BBodSchV weiterhin die Feststellung der **Menge** der Schadstoffe. Die Gesamtmenge der relevanten Schadstoffe im Bereich einer zu betrachtenden Fläche ist u.a. bei der Abschätzung von **Schadstofffrachten** und der voraussichtlichen **Dauer des Schadstoffeintrags** von Bedeutung. Welche Genauigkeit bei einer solchen Mengeneinschätzung erreicht werden kann, hängt weitgehend von den Umständen des Einzelfalls ab. Auf eine nachvollziehbare Begründung der Vorgehensweise ist besonders zu achten.

Um das Bestehen eines Schadstoffeintrags in das Grundwasser abschließend klären und bewerten zu können, sind in dieser Untersuchungsphase insbesondere immer dann Grundwasseruntersuchungen durchzuführen, wenn nach Materialuntersuchungen bzw. In-situ-Untersuchungen eine Prüfwertüberschreitung zu erwarten und die Durchführung solcher Untersuchungen nicht unverhältnismäßig ist.

Mobile und mobilisierbare Schadstoffanteile

Die Ermittlung der mobilen und mobilisierbaren Schadstoffanteile ist für eine zutreffende Feststellung des Sachverhalts von wesentlicher Bedeutung. Damit die Sachverhaltsfeststellung der Wirklichkeit hinreichend entspricht, muss bei Detailuntersuchungen ggf. abschließend ermittelt werden, zu welchen Anteilen die in einer Altlast vorhandenen wassergefährdenden Schadstoffe mobil (verlagerungsfähig) oder ggf. zusätzlich mobilisierbar sind. Dabei sind realistische Annahmen darüber zu treffen, welche Änderungen in überschaubarer Zukunft bei den Faktoren zu erwarten sind, von denen die Verlagerungsfähigkeit der Schadstoffe maßgeblich abhängt. Die Annahmen sind zu begründen.

Abgrenzung räumlich differenzierbarer Schadstoff-Anreicherungen

Die Regelungen der BBodSchV über die **Untersuchung** und **Abgrenzung** räumlich begrenzter **Anreicherungen von Schadstoffen** berücksichtigen den Umstand, dass Schadstoffe im Bereich einer altlastverdächtigen Fläche in den meisten Fällen ungleichmäßig verteilt sind. Im Rahmen einer Detailuntersuchung ist deshalb die räumliche Differenzierung der Schadstoffgehalte zu untersuchen und im Falle von Teilbereichen mit erhöhten oder sehr hohen Schadstoffgehalten (sog. hot spots) festzustellen, ob sich aus diesen Bereichen Gefahren ergeben und inwieweit eine differenzierte Bewertung der untersuchten Fläche geboten ist.

Ist bei Teilbereichen eine Prüfwertüberschreitung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser zu erwarten, hat die zuständige Behörde zu prüfen, ob und nach welchen Kriterien diese Bereiche durch geeignete Untersuchungen gegenüber nicht bzw. geringer belasteten Teilflächen oder auch untereinander abzugrenzen sind. Kriterien für eine Abgrenzung können insbesondere Konzentrationswerte sein, die eine Differenzierung der Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen oder der unterschiedlichen Eignung von Sanierungsverfahren nahe legen. Eine Abgrenzung kann auch mit Blick auf die **Verhältnismäßigkeit** der in Betracht kommenden Maßnahmen nötig werden. Der Begriff "Abgrenzung" verlangt eine im Vergleich zur orientierenden Untersuchung **höhere Detailgenauigkeit**.

Ausbreitungsmöglichkeiten im Boden

Die in den o.a. Regelungen verlangte Untersuchung der Ausbreitungsmöglichkeiten in die Umwelt ist - bezogen auf die ungesättigte Bodenzone - integraler Bestandteil einer Sickerwasserprognose nach der BBodSchV bzw. einer Eintragsprognose i.S. dieser Schrift. Die Eignung von mathematischen Methoden und die Zweckmäßigkeit einer Anwendung sollten nach den Gegebenheiten des Einzelfalls geprüft werden.

5.3.3 Detailuntersuchung - Grundwasser

Steht nach der orientierenden Untersuchung dem Grunde nach fest, dass von einer zu beurteilenden Fläche Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgehen, sind im Rahmen der Detailuntersuchung Art und **Ausmaß der Grundwasserverunreinigung** festzustellen. Grundwasseruntersuchungen sind auch erforderlich, wenn aufgrund von Material- oder In-situ-Untersuchungen (Eintragsprognose) eine signifikante Überschreitung von einschlägigen Prüfwerten festgestellt wurde oder zu erwarten ist, aber noch keine Grundwassermessstellen eingerichtet wurden und die Einrichtung von Messstellen nicht unverhältnismäßig ist. Für die Prognose über die **künftige Ausbreitung** der Verunreinigung können außerdem vertiefende Untersuchungen der Untergrundverhältnisse erforderlich sein.

Untersuchungen des Untergrundes und des Grundwassers (vor allem der Bau weiterer Messstellen) im Rahmen einer Detailuntersuchung können u.a. zu folgenden Fragestellungen notwendig sein:

- Anpassung der Untersuchungsparameter
- Schadstoffphasen im Grundwasserkörper
- Verteilung der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser
- horizontale und vertikale Ausdehnung der Schadstofffahne
- genauere Ermittlung der Grundwasserfließrichtung
- Abstandsgeschwindigkeiten
- Anzahl und Flurabstand der Grundwasserstockwerke
- Untersuchung weiterer Grundwasserstockwerke, wenn deren Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann
- Entnahme tiefendifferenzierter Proben
- Mächtigkeiten, Aufbau, Durchlässigkeiten bzw. Transmissivitäten der Grundwasserleiter und der hydraulischen Trennschichten

Nähere Hinweise zu Anzahl, Positionierung und Ausbau von Grundwassermessstellen geben die Abschnitte 4.1.3 und 4.1.4.

Wird die Schadstofffahne vollständig erfasst, kann i.d.R. die **Fracht** der mit dem Grundwasser abfließenden Schadstoffe abgeschätzt werden. Die Fracht im Grundwasserabstrom und die Fracht am Ort der Beurteilung kann gleichgesetzt werden, wenn der

Schadstoffeintrag nur aus der ungesättigten Zone stammt und Rückhalte- und Abbauprozesse im Grundwasserkörper als vernachlässigbar eingeschätzt werden. Die Abschätzung der Schadstofffracht ist von erheblicher Bedeutung für die Entscheidung über die Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen.

5.4 Festlegung des Maßnahmenziels und Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Anordnungen

Wenn konkrete Anhaltungspunkte vorliegen, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen, kann die zuständige Behörde

- nach § 9 Abs. 2 BBodSchG eine der nach § 4 Abs. 3, 5 und 6 BBodSchG pflichtigen Personen für **weitere Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung** heranziehen.
- Sie kann diese Personen weiter nach den §§ 10 Abs. 1 Satz 1, 13, 15 und 16 in Verbindung mit § 4 Abs. 2 und 3 BBodSchG **zur Sanierung verpflichten bzw.**
- **andere Maßnahmen anordnen** (z.B. einfache Maßnahmen zur Beseitigung eines Schadens im Sinne § 3 Abs. 5 BBodSchV, Sanierungsuntersuchungen oder Überwachungsmaßnahmen).

Die Behörde muss dabei darauf achten, dass alle Maßnahmen, zu denen sie einen Pflichten heranzieht oder die sie anordnet, verhältnismäßig sind.

5.4.1 Festlegung von Untersuchungszielen

Wenn ein hinreichender Verdacht i.S. des § 9 Abs. 2 BBodSchG vorliegt, entscheidet die zuständige Behörde nach § 3 Abs. 4 und 5 zunächst, ob eine Detailuntersuchung erforderlich ist. Dabei hat sie zu überlegen, ob der weitere Untersuchungsaufwand verhältnismäßig ist. Die Regelung des § 3 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV verweist auf das Verhältnis von Belastung durch die Untersuchung und Belastung durch die Sanierung selbst, das es bei dieser Prüfung insbesondere zu beachten gilt. Wenn eine Gefahr (bzw. ein erheblicher Nachteil oder eine erhebliche Belästigung) mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden kann, kann die Detailuntersuchung weniger umfangreich durchgeführt werden oder entfallen.

Zunächst ist **das Ziel** der durchzuführenden Untersuchungsmaßnahmen festzulegen. Mögliche Zielsetzungen der Detailuntersuchung sind in Abschnitt 5.3 beschrieben. Schon bei der Festlegung des Untersuchungsziels sind - wie anschließend erneut bei der Verhältnismäßigkeitsprüfung der einzelnen Untersuchungsmaßnahmen - die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen maßgeblich.

Nach der Zielfestlegung sind **geeignete Untersuchungen** auszuwählen, mit denen das Untersuchungsziel erreicht werden kann. Dabei hat die zuständige Behörde anhand der in Abschnitt 5.4.3 genannten Kriterien die Verhältnismäßigkeit der ausgewählten Untersuchungsmaßnahmen zu prüfen. Bei komplexen Untersuchungen wird die Behörde im Laufe der Untersuchungen die weiteren konzipierten Maßnahmen immer wieder anhand der mittlerweile vorliegenden Ergebnisse überprüfen, ob sie noch verhältnismäßig sind.

5.4.2 Festlegung von Sanierungszielen

Wenn die Gefährdungsabschätzung abgeschlossen ist, hat die Behörde ihr Ziel festzulegen. Danach bemisst sich, ob Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind (z.B. vollständige Beseitigung der Gefahr(en), Maß der Minderung, Sicherung). Anzustrebendes Sanierungsziel kann vor allem die Einhaltung der Prüfwerte und die Beseitigung eines Schadens im Grundwasser sowie die Beseitigung der Eintragsquelle im Boden sein. Wenn die Voraussetzungen des § 13 BBodSchG vorliegen, soll die Behörde eine Sanierungsuntersuchung sowie einen Sanierungsplan verlangen (§ 13 BBodSchG, vgl. auch LUA NRW 2000 b). In diesen Fällen wird angesichts der Komplexität des Sachverhalts das Sanierungsziel anfangs noch nicht endgültig feststehen.

Wie bei der Festlegung von Untersuchungszielen sind auch bei der Bestimmung des Sanierungsziels - sowie anschließend erneut bei der Verhältnismäßigkeitsprüfung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen - die Ergebnisse der abgeschlossenen Gefährdungsabschätzung von Bedeutung.

Nachdem die zuständige Behörde das Sanierungsziel festgelegt hat, werden bei Vorliegen der Voraussetzungen des § 13 BBodSchG innerhalb einer Sanierungsuntersuchung geeignete Maßnahmen ausgewählt und bewertet, die das Ziel erreichen können. Im Sinne einer ganzheitlichen und nachhaltigen Umweltbetrachtung ist es dabei nicht ausreichend, die Maßnahmen nur im Hinblick auf den vorliegenden Belastungsfall zu betrachten. Vielmehr sollte bei der Prüfung von Sanierungsvarianten eine umfassende Wertung der mit

den Maßnahmen verknüpften Umweltbelastungen (Abfallproblematik, Geräusch- und Schadstoffimmissionen, Abwasserproblematik, Energieverbrauch) durchgeführt werden.

In einem zweiten Schritt hat die Behörde die **Verhältnismäßigkeit** der beabsichtigten Maßnahmen zu prüfen. Die Ausführungen in Kap. 5.4.3 sind zu beachten.

Davon zu unterscheiden ist die haushaltsrechtlich erforderliche Prüfung der Behörde, wenn diese selbst Maßnahmeträger ist, ob ihr Aufwand den angestrebten Zweck rechtfertigt. Davon ebenfalls zu unterscheiden sind die Überlegungen der Behörde, welche Fälle sie aus fachlichen Gründen prioritär behandelt. Die fachlichen Überlegungen werden sich allerdings wiederholen.

Wenn die Prüfung der Verhältnismäßigkeit ergibt, dass alle in Betracht gezogenen Maßnahmen unverhältnismäßig sind, ist im Rahmen eines iterativen Prozesses das ursprünglich vorgegebene Sanierungsziel anzupassen. Die Sanierungsuntersuchung liefert dann die Entscheidungsgrundlage für die Behörde, das endgültige Sanierungsziel festzusetzen.

5.4.3 Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen

Verhältnismäßig ist eine Maßnahme, die zur Feststellung der Gefahr oder zur Abwendung der Gefahr **geeignet, notwendig** bzw. erforderlich **und** zumutbar bzw. **verhältnismäßig im engeren Sinne** ist.

Geeignet ist jede Maßnahme, die zur Erreichung des Untersuchungsziels oder des Sanierungsziels objektiv beiträgt. Eine Sanierungsmaßnahme kann auch geeignet sein, wenn sie die Gefahr nicht völlig beseitigt, sondern nur mindert oder einschränkt. Ob es ausreicht, eine Gefahr nicht völlig zu beseitigen, hat die Behörde vorab bei der Prüfung des Sanierungsziels zu entscheiden. Maßnahmen dürfen nicht tatsächlich oder rechtlich unmöglich sein. Hier sind öffentlich-rechtliche und zivilrechtliche Regelungen zu beachten. Wirtschaftliches Unvermögen aber begründet keine Unmöglichkeit oder Untauglichkeit.

Unter der Eignung ist auch die technische Durchführbarkeit einer Maßnahme unter den Gegebenheiten des Einzelfalls zu verstehen, welche im Rahmen der Gefährdungsabschätzung und ggf. Sanierungsuntersuchung ermittelt werden. Die technische Durchführbarkeit hängt vor allem ab von:

- der Art der Schadstoffbelastung (nur ein Schadstoff oder mehrere; ggf. komplexe Stoffgemische mit möglichen Wechselwirkungen untereinander),
- der Höhe und der Verteilung der Belastung (geringe/hohe Schadstoffkonzentrationen, eine/mehrere Eintragsstellen, Anteile der einzelnen Schadstoffquellen an der Gesamtbelastung etc.),
- den Untergrundgegebenheiten am Standort (Schichtaufbau, Schichtmächtigkeiten, Durchlässigkeiten, Inhomogenitäten, Störungen durch Gebäude oder Einrichtungen (Fundamente, Leitungen), Lage der Schadstoffquellen zum Grundwasserspiegel, Grundwasserstandsschwankungen, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserchemismus etc.) und
- der Art der Bebauung und Zugänglichkeit des Grundstücks.

Eine Maßnahme ist **notwendig** bzw. erforderlich, wenn sie in die Rechte des Pflichtigen nicht schärfer eingreift, als es zur Abwendung der Gefahr erforderlich ist. Dabei soll von mehreren zur Erreichung des festgelegten Ziels **gleich geeigneten** Mitteln das mildeste gewählt werden. Hier hat die Behörde zu prüfen, welche Maßnahmen ebenfalls das gesetzte Ziel erreichen können und die Vor- und Nachteile dieser Maßnahmen gegeneinander abzuwägen.

Dem in Anspruch genommenen Störer ist es nach § 21 OBG freigestellt, eine andere Maßnahme als Austauschmittel anzubieten. Die Behörde hat dann die Geeignetheit der vom Störer angebotenen Maßnahme - das festgesetzte Ziel zu erreichen - zu prüfen. Die erforderlichen Entscheidungsgrundlagen hat der Störer darzulegen.

Bei der Prüfung, welche Untersuchungen oder Sanierungsmaßnahmen notwendig sind, ist ein wesentlicher Punkt der zeitliche, finanzielle und technische Aufwand der Maßnahmen sowie deren Folgekosten und -auswirkungen. Dieser Aufwand ist mit dem Schaden bzw. dem Maß des potenziellen Untersuchungs- oder Sanierungserfolgs ins Verhältnis zu setzen. Bei noch betriebenen Anlagen ist im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsbetrachtung zusätzlich zu berücksichtigen,

- ob die schädlichen Stoffeinträge in die Fläche andauern und
- welches der geeignete Zeitpunkt einer Sanierung ist (z.B. in Verbindung mit einer Umgestaltung oder mit der Stilllegung).

Eine Maßnahme ist **verhältnismäßig i.e.S.** bzw. zumutbar, wenn die zu erwartenden negativen Auswirkungen zu dem beabsichtigten Erfolg nicht erkennbar außer Verhältnis stehen. Relevant ist hier das Verhältnis zwischen dem Interesse an der Gefahrenbeseitigung und anderen Interessen der Allgemeinheit oder des betroffenen Einzelnen. Zum öffentlichen Interesse an der Maßnahme kann auch gehören, wie die Grundwassergefährdung bzw. der Grundwasserschaden entstanden ist, ob es sich z.B. um ein Verhalten handelt, das Nachahmer finden wird. Bei den negativen Auswirkungen wird die finanzielle Belastung des Störers ein Kriterium sein.

Wenn eine Maßnahme nicht einem Störer auferlegt werden kann, weil dieser unzumutbar belastet würde, kann sie diesem ggf. zum Teil bis zur Grenze seiner Belastbarkeit auferlegt werden. Für den anderen Teil der Maßnahme können dann ggf. andere Störer herangezogen werden.

Um das Interesse an der Gefahrenbeseitigung rechtlich stichhaltig beschreiben zu können, muss bei der Betrachtung des Pfads Boden-Grundwasser die festgestellte Grundwasserverunreinigung oder -gefährdung im Einzelfall detailliert beschrieben und im Hinblick auf die Abweichung von dem gesetzlichen Ziel, das Grundwasser vor jeder Verunreinigung oder sonstigen nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften zu schützen, bewertet werden. Die Bewertung kann neben der Beschreibung der Auswirkungen der Grundwasserverunreinigung im konkreten Fall ggf. auch durch einen Vergleich mit den Ergebnissen der landesweiten Erhebung der Grundwasserbelastung (Grundwasserbericht des Landes Nordrhein-Westfalen) erfolgen.

Wichtigste Entscheidungskriterien für die Verhältnismäßigkeit i.e.S. von Sanierungsmaßnahmen sind:

- **Höhe des gegenwärtigen und des zukünftig zu erwartenden Stoffeintrags nach Konzentrationen und Frachten**

Die Höhe des Stoffeintrags wird mit der in dieser Vollzugshilfe beschriebenen Eintragsprognose abgeschätzt. Bei der Beurteilung des Ausmaßes des festgestellten Schadstoffeintrags ist unter anderem die spezielle Regelung des § 4 Abs. 7 Satz 2 BBodSchV zu beachten. Nach § 4 Abs. 7 Satz 2 BBodSchV ist bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen auch zu berücksichtigen, ob die ermittelten Stoffeinträge *auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und nur lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen* hervorrufen. Die Maßstäbe hierfür bestimmen sich nach den Gegebenheiten des Einzelfalls (Verhältnis von Schadstoffkonzentration und Frachten zur Grundwasserbeschaffenheit im Umfeld). Insbesondere bei geringen Frachten sind für Verhältnismäßigkeitsüberlegungen auch

das Retentionsvermögen sowie die Austauschkapazität des Untergrundes wichtig. So können beispielsweise auch bei niedrigen Frachten Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden, wenn aufgrund eines geringen Retentionsvermögens oder unzureichender Austauschkapazität des Untergrundes eine unverminderte Ausbreitung der Schadstofffront zu besorgen ist.

- **Voraussichtliche Dauer und zukünftige räumliche Ausbreitung des Stoffeintrags**

Auch diese Erkenntnisse resultieren aus der Eintragsprognose. Für Überlegungen zur Verhältnismäßigkeit ist es dabei beispielsweise von Bedeutung, ob es sich im Einzelfall um einen einmaligen, zeitlich begrenzten Eintragsvorgang, um die ansteigende Phase eines Schadstoffeintrags, eine gleichbleibende Konzentrationsrate oder die Endphase eines Eintragsprozesses handelt. Unter dem Gesichtspunkt der räumlichen Ausbreitung ist etwa auch zu prüfen, ob, in welcher Zeit und mit welchen Folgen die Ausbreitung einer bereits eingetretenen Grundwasserbelastung oder der Schadstoffeintrag selbst auf natürlichem Wege begrenzt, verhindert oder abgebaut werden kann ("natural attenuation", s. auch Abschn. 3.7 und 4.2).

- **Beurteilung des Schadstoffspektrums**

Der Toxizität von Schadstoffen wird grundsätzlich bereits in den Prüfwerten der BBodSchV Rechnung getragen. Es kann jedoch im Einzelfall (Schadstoffgemische, geringe Prüfwertüberschreitungen, Einzelbefunde) erforderlich sein, ökotoxikologische Überlegungen (z.B. Belastungscharakter, Anzahl der positiven Befunde/ Schadstoffe) zusätzlich in die Verhältnismäßigkeitsbetrachtung einzubeziehen.

Weiterhin sind für die Verhältnismäßigkeitsprüfung Kriterien heranzuziehen wie:

- **Wasserwirtschaftliche Nutzungen und Potenziale im Umfeld**

Art, Umfang und Rechtsstatus der Nutzung sind hierbei maßgeblich. Beispiele für beurteilungsrelevante, unterschiedliche Nutzungen sind etwa: öffentliche Wasserversorgung, private Trinkwasserentnahmen, private Brauchwasserbrunnen, Mineralwasser- oder Heilquellen etc.. Dabei ist allerdings zu beachten, dass das Grundwasser grundsätzlich unabhängig von der Nutzung zu schützen ist. Auch die zukünftige Nutzbarkeit eines Grundwassereinzugsgebietes nach Menge und Qualität ist zu berücksichtigen.

- **Sensibilitäten sonstiger Umfeldnutzungen**

In diesem Zusammenhang sind etwaige Auswirkungen der Maßnahme auf andere Schutzgebiete im Umfeld (Naturschutzgebiete, Bodenschutzgebiete, u.a.) wichtig.

Zusammenfassung

Der komplexe Gegenstand dieser Schrift schlägt sich in Erläuterungen zu vielfältigen fachlichen und rechtlichen Fragestellungen nieder. Die nachstehende Zusammenfassung bietet die Möglichkeit, rasch einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse der einzelnen Kapitel zu gewinnen und so die jeweiligen Textstellen schnell aufzufinden.

Kapitel 1 - Einführung

Die Vollzugshilfe gibt nähere rechtliche und fachliche Hinweise zu den Fragen, die sich aus den Regelungen der **Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)** über den **Wirkungspfad Boden - Grundwasser** ergeben. Erläutert und konkretisiert werden jedoch nicht nur die Vorschriften über die **Sickerwasserprognose**, sondern auch die weiteren Fragestellungen, die bei der **Untersuchung** und **Bewertung** von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten hinsichtlich des **Schutzgutes Grundwasser** auftreten können.

Die Vollzugshilfe kann auch für die Untersuchung und Bewertung von **Verdachtsflächen** und **schädlichen Bodenveränderungen** herangezogen werden, wenn diese in ihrer Fallgestaltung Altlasten bzw. altlastverdächtigen Flächen entsprechen.

Die rechtlichen Erläuterungen stellen vor allem auch klar, dass sich die bodenschutzrechtlichen Pflichten uneingeschränkt auf alle Gefahren und Schäden erstrecken, die von einer Altlast hervorgerufen werden. In der Vollzugshilfe werden dementsprechend sämtliche Eintragsmöglichkeiten aus dem (Abfall-)Bodenkörper von altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser betrachtet. Der dabei verwendete Begriff **Eintragsprognose** verdeutlicht, dass nicht nur Schadstoffeinträge über das Sickerwasser, sondern auch die weiteren denkbaren Einträge in Betracht gezogen werden müssen.

Gegenstand der Vollzugshilfe sind auch **Grundwasseruntersuchungen** im Einwirkungsbereich von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten.

Breiten Raum räumt die Vollzugshilfe konkreten methodischen Hinweisen zur Durchführung von Eintragsprognosen und Grundwasseruntersuchungen und der **fachlichen Beurteilung** der mit unterschiedlichen Methoden erzielten Untersuchungs- und Prognoseergebnisse ein. Sie gibt darüber hinaus den Vollzugsbehörden nähere Hinweise über den

Umfang von orientierenden Untersuchungen und Detailuntersuchungen sowie zur Verhältnismäßigkeitsprüfung.

Kapitel 2 - Rechtsregelungen zur Grundwassergefährdung durch Altlasten

Maßnahmen zur Untersuchung von Grundwassergefährdungen und -schäden durch Altlasten stützen sich auf das **Bodenschutzrecht**. Dies schließt auch die Untersuchung des Grundwassers selbst ein, soweit es durch Altlasten bereits verunreinigt ist oder eine Verunreinigung zu erwarten ist. Die Anforderungen an eine Grundwassersanierung richten sich aber nach Wasserrecht.

Zur Bewertung einer Grundwassergefährdung sind

- die **Prüfwerte** der BBodSchV für den Pfad Boden-Grundwasser,
- nötigenfalls anhand derselben Methoden und Maßstäbe abgeleitete Prüfwerte für in der BBodSchV nicht geregelte Stoffe und
- ggf. Werte, die geogen bedingte höhere Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser berücksichtigen,

heranzuziehen. Diese Werte können **auch** bei der Beurteilung von Schadstoffkonzentrationen im **Kontaktgrundwasser** angewendet werden.

Ein **erheblicher Schadstoffeintrag** liegt vor, wenn die Prüfwerte am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser überschritten sind.

Ort der Beurteilung ist ein für die zu beurteilende Fläche sachgerecht zu ermittelnder, höchster Grundwasserstand. Liegt die Schadstoffquelle im Grundwasser, ist das Grundwasser zu beurteilen, das mit dem Schadstoff in Kontakt steht (**Kontaktgrundwasser**).

Mit einer Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser oder der Prognose einer solchen wird ein **Grundwasserschaden** oder die Gefahr eines Grundwasserschadens dem Grunde nach festgestellt. Ob und wann einzuschreiten ist, richtet sich nach den Umständen des Einzelfalls und ist von der zuständigen Behörde nach Prüfung der Verhältnismäßigkeit zu entscheiden.

Die Beurteilung eines Schadstoffeintrags stützt sich auf Konzentrationswerte im Sickerwasser, Grundwasser oder Eluat/Extrakt. Schadstoffgesamtgehalte im Feststoff reichen zur Beurteilung i.d.R. nicht aus.

Das Ergebnis einer Eintragsprognose ist die näherungsweise Abschätzung einer **Prüfwertüber- bzw. -unterschreitung** unter den gegebenen und zu beschreibenden Rahmenbedingungen des Einzelfalls. Eine zahlenmäßige Exaktheit der Prognose wird von der BBodSchV nicht verlangt, wohl aber die Abschätzung der Größenordnung einer Prüfwertüberschreitung. Dies betrifft sowohl die Abschätzung des gegenwärtigen Stoffeintrags als auch die Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung.

Das Inkrafttreten der BBodSchV bedeutet **keine grundsätzliche Veränderung** der Vorgehensweisen zur Gefährdungsabschätzung des Grundwasserpfads. Mit den Regelungen zur "Sickerwasserprognose" verdeutlicht die BBodSchV lediglich die systematisch abzuarbeitenden Fragestellungen und betont den Schritt der Transportprognose, d.h. die erforderlichen Überlegungen, ob sich festgestellte Schadstoffkonzentrationen in der ungesättigten Bodenzone auf der Strecke zwischen dem Ort der Probennahme und dem Erreichen des Grundwassers verringern. Zusätzlich erfordern die Regelungen der BBodSchV zukünftig die nachvollziehbare Begründung aller im Einzelfall gewählter Vorgehensweisen, Verfahren und Schlussfolgerungen.

Die BBodSchV schreibt **Verfahrensweisen** für die Sickerwasserprognose vor, nicht jedoch bestimmte einzelne Untersuchungsmethoden. Es stehen unterschiedliche, grundsätzlich geeignete Methoden zur Verfügung, die spezifische Einsatzmöglichkeiten und -grenzen aufweisen. Die jeweiligen Entscheidungen über die Vorgehensweise und die Schlussfolgerungen sind nachvollziehbar darzulegen und zu begründen.

Im Rahmen der Eintragsprognose ist sowohl der Schadstoffeintrag in das Grundwasser zum **gegenwärtigen** Zeitpunkt abzuschätzen als auch zu prognostizieren, wie sich der Eintrag in **überschaubarer Zukunft** mit hinreichender Wahrscheinlichkeit entwickeln wird. Bestehen bereits Grundwasserverunreinigungen, sind diese im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung ebenfalls zu beschreiben und in ihrer zeitlichen Entwicklung einzuschätzen.

Kapitel 3 - Schadstoffeinträge in das Grundwasser

Eine Eintragsprognose ist immer dann erforderlich, wenn nach den Ergebnissen der Erfassung oder sonstigen Erkenntnissen **Anhaltspunkte für eine Grundwassergefährdung** vorliegen.

Die Gefährdungsabschätzung des Grundwasserpfads bezieht sich jeweils auf eine **"zu beurteilende" Fläche**. Dies kann eine altlastverdächtige Gesamtfläche in ihrer räumlichen Erstreckung sein oder eine separat zu betrachtende Teilfläche.

Stoffeinträge aus Altlasten in das Grundwasser können erfolgen (Tab. 3.1):

- aus der ungesättigten Bodenzone mit dem Sickerwasser ("Sickerwasserprognose" nach § 2 Nr. 5 BBodSchV)
- gravitativ oder diffusiv aus der ungesättigten Bodenzone
- aus der gesättigten Bodenzone.

Der Begriff "Eintragsprognose" umfasst alle v. g. Stoffeinträge.

Prognose bedeutet im vorliegenden Zusammenhang :

- Abschätzung des (gegenwärtigen) Stoffeintrags, wenn keine Messungen "am Ort der Beurteilung" bzw. im Kontaktgrundwasser erfolgen können, und
- Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung.

Eine Eintragsprognose besteht typischerweise aus **mehreren Elementen** (Abb. 3.1):

- Untersuchungen mit im Einzelfall geeigneten Methoden
- Abschätzung der Prüfwertüber- oder -unterschreitung am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser
- bei Prüfwertüberschreitungen i.d.R. weitere Untersuchungen zum Ausmaß des gegenwärtigen Stoffeintrags (z.B. Frachtbetrachtungen)
- Überprüfung des ermittelten Sachverhalts auf mögliche zeitliche Veränderungen
- Abschätzung der zukünftigen Eintragsentwicklung.

Untersuchungen sind nach folgenden **Verfahrensweisen** möglich (Tab. 3.2):

- repräsentative Beprobung "am Ort der Beurteilung" bzw. im Kontaktgrundwasser
- Materialuntersuchungen mit
 - realitätsnahen Methoden oder
 - sonstigen Methoden
- In-situ-Untersuchungen
- Grundwasseruntersuchungen.

Kriterien für die **Auswahl** der im Einzelfall geeigneten Methode (s. Tab. 3.3) sind:

- methodische Eignung
- Zweckmäßigkeit des Einsatzes
- Verhältnismäßigkeit des Einsatzes.

Die **Analysenergebnisse** müssen abhängig von der Untersuchungsmethode und der Lage zum Ort der Beurteilung bzw. Kontaktgrundwasser im Hinblick auf ihre weitere Verwendung **beurteilt** werden. Ein unmittelbarer Vergleich mit den Prüfwerten ist nur ausnahmsweise möglich.

Stoffkonzentrationen aus Untersuchungen im S4-Eluat (DIN 38 414-4) oder Ammoniumnitrat-Extrakt können **nicht** auf Konzentrationen im Bodensättigungsextrakt **umgerechnet** werden. Eine Einschätzung der mit diesen Untersuchungsmethoden ermittelten Konzentrationen ist gleichwohl möglich (s. Anh. 2).

Liegen Schadstoffe im Boden **in Phase** vor, sind mögliche Einträge in das Grundwasser vor allem über die Residualsättigung abzuschätzen (Anh. 3).

Die Konzentration **leichtflüchtiger** Stoffe im Sicker- oder Grundwasser kann **nicht aus Bodenluftkonzentrationen berechnet** werden. Die Ergebnisse von Bodenluftuntersuchungen liefern aber Hinweise auf das Vorhandensein und auf Konzentrationsunterschiede von solchen Stoffen im Untergrund. I.d.R. sind zur Abschätzung einer Grundwassergefährdung durch leichtflüchtige Stoffe Grundwasseruntersuchungen oder sonstige zusätzliche Erkenntnisse erforderlich. Das chemisch-physikalische Stoffverhalten ist bei der Abschätzung ebenfalls von Bedeutung.

Liegen Ergebnisse von Material- oder In-situ-Untersuchungen vor, kann der **gegenwärtige Stoffeintrag** in das Grundwasser "verbal-argumentativ" oder mit mathematischen Methoden abgeschätzt werden. Bei Grundwasseruntersuchungen lassen sich Rückschlüsse auf den gegenwärtigen Stoffeintrag über einen Ab-/Anstromvergleich ziehen. Unter bestimmten Umständen kann auch auf die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung zurückgerechnet werden.

Zur Abschätzung des **Ausmaßes** einer Grundwasserverunreinigung sind Frachtbetrachtungen im Sicker- und/oder Grundwasser erforderlich.

Die **zukünftige Eintragsentwicklung** kann ebenfalls "verbal-argumentativ" oder mit Unterstützung mathematischer Methoden abgeschätzt werden. Diese Abschätzung erfordert Ergebnisse aus Feststoff- und Eluat-/Extraktuntersuchungen. Eine Abschätzung allein auf der Basis von In-situ-Untersuchungen oder Grundwasseruntersuchungen ist nicht möglich.

Kapitel 4 - Bereits eingetretene Verunreinigungen des Grundwassers

Grundwassermessstellen müssen sachkundig geplant, positioniert, ausgebaut und beprobt werden. Dabei ist auch das Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe im Grundwasser zu beachten.

Beim Ausbau der Messstellen sind Inhomogenitäten im Untergrundaufbau und in der vertikalen Konzentrationsverteilung der Schadstoffe zu beachten. Für An-/Abstromvergleiche sollen vergleichbare Grundwasserbereiche beprobt werden (Abb. 4.5).

Zur Beurteilung des Stoffeintrags ist nach Möglichkeit der **gesamte Grundwasserabstrom** der zu beurteilenden Fläche zu erfassen.

Vorhandene **Schadstofffahnen** sind nach ihrer räumlichen Lage und Ausdehnung sowie der internen Konzentrationsverteilung zu beschreiben. Die zeitliche Entwicklung dieser Eigenschaften ist abzuschätzen.

Abschätzungen der zukünftigen Ausbreitungsentwicklung können verbal-argumentativ oder mit mathematischen Methoden erfolgen.

Kapitel 5 - Vollzugsfragen bei der Untersuchung und Bewertung

Hält die zuständige Behörde auf Grund von Erfassungsergebnissen örtliche Untersuchungen im Bereich einer altlastverdächtigen Fläche für erforderlich, wird sie zunächst prüfen, ob nicht schon ein bodenschutzrechtlich Pflichtiger zu den Untersuchungen herangezogen werden kann. Im Einzelfall können bereits bei diesem Verfahrensstand Erkenntnisse vorhanden sein, die den hinreichenden Verdacht einer Altlast bieten.

Liegen der Behörde (lediglich) Anhaltspunkte i.S.d. § 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG vor, muss sie darüber befinden, welche Untersuchungen und sonstigen Maßnahmen **im Rahmen der Amtsermittlung** notwendig sind, um den (einfachen) Verdacht einer Altlast entweder auszuräumen oder die Verdachtslage zureichend zu erhärten.

Die von Amts wegen durchzuführenden örtlichen Untersuchungen sind gleichbedeutend mit "orientierenden Untersuchungen", wie sie in der BBodSchV definiert sind. Die BBodSchV gibt den allgemeinen Rahmen für **orientierende Untersuchungen** nicht im Sinne eines Standardprogramms vor, sondern stellt auf einen Erkenntnisstand ab, der bestimmte **rechtliche** Feststellungen ermöglicht. Daher sind die Regelungen zur orientierenden Untersuchung bezogen auf den Einzelfall entsprechend auszulegen.

Für die Amtsermittlung wie für angeordnete Untersuchungen gilt, dass Art und Umfang notwendiger Untersuchungen anhand der Erfassungsergebnisse und der zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungsbefunde festzulegen sind, um zutreffende und ausreichende Resultate mit angemessenem Aufwand zu erzielen. Hat die Erfassung einen zureichenden Stand für eine altlastverdächtige Fläche noch nicht erreicht, ist sie durch **standortbezogene Erhebungen** zu vervollständigen.

Neben den Begriffsbestimmungen in § 2 Abs. 3 und 4 enthält die BBodSchV sowohl **allgemeine Regelungen** über Untersuchungen zur Sachverhaltsermittlung, als auch **spezielle Regelungen** für die orientierende Untersuchung und die Detailuntersuchung.

Für die Festlegung des Untersuchungsumfangs bei altlastverdächtigen **Altablagerungen** hat Satz 2 der einleitenden Vorschriften zu Anhang 1 BBodSchV grundlegende Bedeutung. Er nimmt altlastverdächtige Altablagerungen von den Regelungen des Anhangs 1 über den Untersuchungsumfang und über die Probennahme, jedoch nicht von den übrigen Anforderungen aus. Die Untersuchung erfordert ein auf die Umstände des Einzelfalls abgestelltes Untersuchungsprogramm unter sinngemäßer Anwendung der in Anhang 1 verankerten Grundsätze und Regeln.

Auch bei der Untersuchung altlastverdächtiger **Altstandorte** können die konkreten Maßgaben der BBodSchV nach den Erfordernissen des Einzelfalls differenziert werden.

Ausgehend von den Regelungen und der Systematik der BBodSchV werden nähere Hinweise zur Ausgestaltung des Untersuchungsumfangs in den einzelnen Verfahrensschritten gegeben. Dabei werden insbesondere auch die in der BBodSchV für den Einzelfall eröffneten Differenzierungsmöglichkeiten verdeutlicht.

Die BBodSchV enthält keine Regelungen über die Untersuchung des Grundwassers im Einwirkungsbereich von altlastverdächtigen Flächen/Altlasten. Einzelheiten solcher Untersuchungen sollten - unter Berücksichtigung der Hinweise in dieser Schrift - auf Grund eines Vorschlags von Fachleuten festgelegt werden.

Eine **orientierende Untersuchung** ist darauf auszurichten, bei der altlastverdächtigen Fläche bzw. gesondert zu betrachtenden Teilbereichen Über- oder Unterschreitungen von **Prüfwerten** für die relevanten Wirkungspfade zu ermitteln bzw. zu prognostizieren oder - ggf. über Erkenntnisse aus der Erfassung hinaus - **sonstige Feststellungen** über das Bestehen eines hinreichenden Verdachts zu treffen.

Erfahrungswerte über das Emissionsverhalten bestimmter Abfälle oder Fallgruppen von Deponien, Befunde aus großräumigeren Untersuchungen über die Untergrundbeschaffenheit oder andere allgemeine Erkenntnisse können für sich allein einen hinreichenden Verdacht nicht begründen. Vielmehr ist unter Berücksichtigung der bereits vorliegenden Erkenntnisse schlüssig darzulegen, dass sich daraus bei gegebenem Ermittlungsstand zutreffende Feststellungen für den Einzelfall ableiten lassen.

Die Abschätzung der **Sickerwasserkonzentration** am **Ort der Beurteilung** aufgrund von Materialuntersuchungen kann sich im Rahmen einer orientierenden Untersuchung darauf beschränken, **ob** eine Prüfwertüberschreitung vorliegt oder in überschaubarer Zukunft zu erwarten ist. Ggf. ist die annähernde Größenordnung einer Überschreitung anzugeben.

Stützt sich eine Eintragsprognose hinsichtlich bestehender Schadstoffeinträge auf **Grundwasseruntersuchungen**, reicht bei der orientierenden Untersuchung der Rückschluss aus, **ob** die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung bzw. die Konzentration im Kontaktgrundwasser die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser überschreitet oder nicht.

Sind nach einer orientierenden Untersuchung vertiefte weitere Untersuchungen erforderlich, muss die zuständige Behörde darüber befinden, welche Maßnahmen sie bei einer Untersuchungsanordnung verlangen kann. Richtungsweisend für den Inhalt von Untersuchungsanordnungen sind die in § 9 Abs. 1 Satz 3 BBodSchG sowie in § 2 Nr. 4 BBodSchV beispielhaft genannten Untersuchungsgegenstände.

Nach § 3 Abs. 4 BBodSchV soll eine **Detailuntersuchung** durchgeführt werden, wenn konkrete Anhaltspunkte den hinreichenden Verdacht einer Altlast begründen. Letzteres ist zugleich die Voraussetzung, unter denen die zuständige Behörde befugt ist, eine Unter-

suchungsanordnung zu erlassen (§ 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG). Die Detailuntersuchung umfasst demnach alle örtlichen Untersuchungen und sonstigen Ermittlungen zur **abschließenden Gefährdungsabschätzung**, die einem bodenschutzrechtlich Pflichtigen auferlegt werden können.

Anforderungen an **Detailuntersuchungen** ergeben sich insbesondere aus § 9 Abs. 1 Satz 3 BBodSchG sowie aus § 2 Nr. 4, § 3 Abs. 5 und Anhang 1 Nr. 1.2 BBodSchV. Diese Regelungen sind fallbezogen auszulegen; es handelt sich nicht um eine abschließende Aufzählung der Anforderungen. Die zuständige Behörde kann auch andere Untersuchungen anordnen, wenn sie diese im Einzelfall als notwendig erachtet.

Für die Abschätzung **künftig zu erwartender Einträge** müssen bei altlastverdächtigen **Altstandorten** nach der Detailuntersuchung grundsätzlich ausreichende Ergebnisse von Feststoff- und (ggf. speziellen) Eluat-/Extraktuntersuchungen vorliegen. Bei altlastverdächtigen **Altablagerungen** liefern Materialuntersuchungen nur ausnahmsweise verwertbare Ergebnisse für die Abschätzung der künftigen Entwicklung.

Steht nach der orientierenden Untersuchung dem Grunde nach fest, dass von einer zu beurteilenden Fläche Schadstoffeinträge in das Grundwasser ausgehen, sind im Rahmen der Detailuntersuchung Art und **Ausmaß der Grundwasserverunreinigung** festzustellen. Grundwasseruntersuchungen sind auch erforderlich, wenn aufgrund einer Eintragsprognose eine signifikante Überschreitung von einschlägigen Prüfwerten festgestellt wurde oder zu erwarten ist, aber noch keine Grundwassermessstellen eingerichtet wurden. Für die Prognose über die **künftige Ausbreitung** der Verunreinigung können außerdem vertiefende Untersuchungen der Untergrundverhältnisse erforderlich sein.

Die Untersuchung altlastverdächtiger Flächen sollte sich auch dann an der BBodSchV und dieser Schrift orientieren, wenn es sich z.B. um Bodenuntersuchungen für Zwecke der Bauleitplanung oder für Erschließungsvorhaben privater Träger handelt.

Bei der **Anordnung von Maßnahmen** ist zunächst das Ziel/der Zweck der Maßnahme festzulegen (ggf. erst vorläufig) und dann die **Verhältnismäßigkeit** der Maßnahme zu prüfen. Die Vollzugshilfe beinhaltet auch Hinweise zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit.

Literatur

- Abfallgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG) vom 21. Juni 1988 - GV. NW. S. 250
- AQA (2002): Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung - Unterausschuss "Qualitätssicherung" des ALA (Ständiger Ausschuss "Altlasten" der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz - LABO)
- BICKEL, CH. (2002): Bundes-Bodenschutzgesetz, Kommentar - 3. Aufl., Heymanns Vlg., Köln
- Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 - Bundesgesetzblatt Jahrgang 1980 Teil I, S. 1310
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 - Bundesgesetzblatt Jahrgang 1999 Teil I Nr. 36, S. 1554-1582
- COLDEWEY, W. G. & KRAHN, L. (1991): Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung im Festgestein bei Altablagerungen und Altstandorten. - 142 S., Düsseldorf
- DIN 38414-4: 10.84: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Schlamm und Sedimente (Gruppe S), Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4)
- DÖRHÖFER, G. & JOSSOPAIT, V. (1980): Eine Methode zur flächenhaften Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. - Geol. Jb., C 27, 45-65, Hannover
- FEHLAU, K.-P., HILGER, B. & KÖNIG, W. (2000): Vollzugshilfe Bodenschutz und Altlastensanierung - Erläuterungen zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung - Bodenschutz und Altlasten, Bd. 7, Erich Schmidt Vlg., Berlin
- FLUCK, J. (1995/2001): Kreislaufwirtschafts-, Abfall- und Bodenschutzrecht (KrW-/AbfG, Abf-VerbrG, EG-AbfVerbrVO, BBodSchG), Kommentar, Bd. 3, - Loseblatt, Stand Dezember 2001: C. F. Müller Vlg., Heidelberg
- FRENZ, W. (2000): Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), Kommentar - Beck Vlg., München
- Gesetz über Aufbau und Befugnisse der Ordnungsbehörden - Ordnungsbehördengesetz (OBG) vom 13. Mai 1980 - GV. NW. 1980, S. 528
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998 - Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil I Nr. 16, S. 502-510
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes - Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 23. September 1986 - Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I, S. 1654
- HLUG (2000): Bestimmung von BTEX / LHKW in Feststoffen aus dem Altlastenbereich - Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Handbuch Altlasten, Bd. 7, Teil 4, Wiesbaden
- HIPP, L., RECH, B. & TURIAN, G. (2000): Das Bundes-Bodenschutzgesetz mit Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Leitfaden - Rehm Vlg., München
- KINZELBACH, W. (1992): Numerische Methoden zur Modellierung des Transports von Schadstoffen im Grundwasser - GWF-Schriftreihe, Bd. 21, Wasser/Abwasser, 2. Auflage, Oldenbourg Vlg., München
- KVR (1989): Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten (von KÖTTER, L., NIKLAUß, M. & TOENNES, A.) - Kommunalverband Ruhrgebiet, Arbeitshefte Ruhrgebiet, Band A 039, Essen
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 1993): Informationsschrift Altablagerungen und Altlasten
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 1995): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen (Technische Regeln) - Erich Schmidt Vlg., Berlin
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 1998): Technische Regeln für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Abfallentsorgungsanlagen (WÜ 98), Teil 1 Deponien
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 2001): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich. Teil A: Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten, Kurzbezeichnung: EW 98

- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1998): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1999): Empfehlungen zur Konfiguration von Messnetzen sowie zu Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen (qualitativ)
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2002): Sickerwasser. Richtlinie für die Beobachtung und Auswertung (Entwurfsstand 3/2002)
- Landesamt für Wasser und Abfall NRW (LWA 1989a): Probennahme auf Altlasten - LWA-Materialien 8/89, Düsseldorf
- Landesamt für Wasser und Abfall NRW (LWA 1989b): Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Alttablagerungen und Altstandorten - LWA-Materialien 7/89, Düsseldorf
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW 1993): Branchenkatlog zur historischen Erhebung von Altstandorten - Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 3, 2. erweiterte Auflage, Karlsruhe
- Landesentwicklungsgesellschaft NRW (LEG 1992): Studie über die Mobilität von Teerölen in der ungesättigten Bodenzone zur Festlegung des Sanierungskonzeptes für das Gelände der Zeche/Kokerei Scharnhorst in Dortmund; Düsseldorf
- Landesumweltamt Brandenburg (LUA B 1998): Simulation von Grundwasserströmungs- und Transportprozessen bei der Altlastenbearbeitung (Locker- und Festgestein, ungesättigte Bodenzone) - Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 5, Potsdam
- Landesumweltamt NRW (LUA NRW 1993): Feststoffuntersuchungsprogramme für Altstandorte der Metallbearbeitung - Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, MESA, Band 8, Düsseldorf
- Landesumweltamt NRW (LUA NRW 1999): Nutzungstypische Kontaminationen auf militärischen Liegenschaften in Nordrhein-Westfalen - Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, MALBO, Band 7, Essen
- Landesumweltamt NRW (LUA NRW 2000a): Empfehlungen für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) - Merkblatt 20, Essen
- Landesumweltamt NRW (LUA NRW 2000b): Anforderungen an eine Sanierungsuntersuchung unter Berücksichtigung von Kosten-Nutzen-Aspekten - Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, MALBO, Band 11, Essen
- MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt - Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 1, Borntraeger Vlg., Stuttgart
- MEßER, J. (1996): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasserneubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne - Dissertation an der TU Clausthal
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ 1996): Berechnungsverfahren und Modelle - Materialien zum Altlastenhandbuch Niedersachsen, Springer Vlg., Berlin
- REINSTORF, F., SUSSET, B., MARRE, D., GRATHWOHL, P. & WALTHER, W. (2001): Modelle zur Sickerwasserprognose - Bodenschutz 1.01, Erich Schmidt Vlg., Berlin
- RENGER, M. & WESSOLEK, G. (1996): Berechnung der Verdunstungsjahressummen einzelner Jahre - DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 238, S. 47, Bonn
- Richtlinie 80/68/EWG des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe - Grundwasserrichtlinie - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 1980, L 20/43, Brüssel
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 327/1-L327/72; Brüssel
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (SLUG 1997): Simulation von Grundwasserströmungs- und Transportprozessen im Rahmen der Altlastenbehandlung (Lockergestein, Festgestein und ungesättigte Zone) - Materialien zur Altlastenbehandlung, 4/1997, Dresden

- SCHROEDER, M. & WYRWICH, D. (1990): Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildung. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 34, 1990, H 1/2, S. 12-16, Koblenz
- STARS Stoffdatenbank für die Altlastenbearbeitung - Auftraggeber: BMU/Umweltbundesamt, Berlin, Vertrieb: Stoller Ingenieurtechnik, Dresden
- Umweltbundesamt (UBA 1989): Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich (von NICLAUß, M., WINKELSTRÄTER, J., HUNTING, K.-E. & HARDES, A.) - Umweltbundesamt, Forschungsbericht Nr. 107 03 007/01 UBA FB 89-053, Berlin.
- Umweltbundesamt (UBA 1990): Beurteilung und Behandlung von Mineralölschadensfällen im Hinblick auf den Gewässerschutz (von OBERMANN, P., PHILLIPP, W. & RÜDDIGER, G.) - überarbeitete Zusammenfassung der Berichte von 1979-1986 der Arbeitsgruppe "Wasser und Mineralöl", im Auftrag des Umweltbundesamtes, LTWS-Nr. 24, Berlin
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18. März 1997. - Bundesgesetzblatt Teil I, 1997, Nr. 18, S. 542-544
- Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen (VwV BW 1993) - Erlass des Sozialministeriums und des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 16. September 1993, GABl., S. 1115-1123
- WALZENBACH, J. (1991): Mineralöl in Locker- und Festgestein, Untersuchung zur Durchlässigkeit, Saugspannung und Kapillarität - Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe, Nr.12, S. 1-153, Karlsruhe
- WENDLAND, F., ALBERT, H., BACH, M. & SCHMIDT, R. (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland - Springer Vlg., Stuttgart
- WIEDEMEIER, T. H., RIFAI, H. S., NEWELL, CH. J. & WILSON J. T. (1999): Natural Attenuation of Fuels and Chlorinated Solvents in the Subsurface - John Wiley & Sons, New York
- XUMA-A^{MOR} Programm zur Unterstützung der Analysenplanerstellung im Altlastenbereich - im Auftrag von BMU/Umweltbundesamt, Berlin, Vertrieb: Stoller Ingenieurtechnik, Dresden

Kartenwerke und Bezugsquellen

- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000 (GK 25), GD NRW¹⁾
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000 (GK 100), GD NRW
- Geologische Übersichtskarte 1 : 200.000 (GÜK 200), GD NRW

- Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25.000 (HyK 25), LUA NRW²⁾
- Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10.000, DMT Essen³⁾
- Hydrologische Karte des Ibbenbürener Steinkohlenbezirks 1 : 10.000, DMT Essen
- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50.000 (HK 50), GD NRW
- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000 (HK 100) GD, NRW
- Karte der Verschmutzungsgefährdung der Grundwasservorkommen in Nordrhein-Westfalen 1 : 500.000, GD NRW

- Grundwassergleichen 1 : 50.000, Oktober 1963 (GwK 50/63), Oktober 1973 (GwK 50/73) und April 1988 (GwK 50/88), LUA NRW
- Grundwasserstände unter Flur 1 : 50.000, Oktober 1963 (GwFK 50/63), LUA NRW
- Grundwasserstände Venloer Scholle und Rur Scholle 1 : 100.000 (GwK 100 VS, GwK 100 RS), LUA NRW
- Grundwassergleichen 1 : 300.000 (GwK 300), LUA NRW

- Ingenieurgeologische Karte; 1 : 25.000 (IK 25), GD NRW

- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000 (BK 25), GD NRW
- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50.000 (BK 50), GD NRW
- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000 (BK 100), GD NRW

- Karte der mittleren jährlichen Sickerwasserrate aus dem Boden 1 : 50.000 (1 : 5.000), GD NRW

¹⁾ Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen - Landesbetrieb -, de-Greiff Str. 195, 47803 Krefeld

²⁾ Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 10 23 63, 45023 Essen

³⁾ Deutsche Montan Technologie GmbH, Am Technologiepark 1, 45307 Essen

Internetadressen zu Numerischen Modellen (Auswahl; Stand: Januar 2003)

<http://www.mines.edu/research/igwmc/zipfiles/>

Es handelt sich um eine Seite der IGWMC (International Ground Water Modeling Center), einer US-Institution, die sich ausschließlich mit Grundwassermodellierung beschäftigt. Unter der angegebenen Adresse findet man Informationen über die nachfolgend genannten Modelle:

BIOSCREEN	BIOCHLOR	BIOPLUM III	FLOWPATH
GEOEAS	GEOPACK	GMS	HYDRUS 2D
INFINITE EXTENT	MICRO-FEM	MODELGIS	MODFLOW
GUI-PIE	MODFLOWT	MPNE1D	MT3DMSNAPL
Simulator	NETPATH	PHREEQC	u.a.

I.d.R. besteht unter den dort angegebenen Links die Möglichkeit zum Herunterladen von Voll- oder Demoversionen.

<http://www.umwelt.sachsen.de/lflug.de/dasima/>

Das sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie bietet innerhalb des Systems "SALFAWEB" die Nutzung einer Datenbank zur Auswahl von Simulationsmodellen ("DASIMA") an.

<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/vleach.html>

Eindimensionales Stofftransportmodell VLEACH zur Berechnung der Ausbreitung von organischen Stoffen in der ungesättigten Bodenzone. Das Programm kann von den Seiten der US-EPA kostenfrei heruntergeladen werden.

<http://www.seview.com/freesesoil.htm>

Eindimensionales Stofftransportmodell SESOIL zur Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen in der ungesättigten Bodenzone. Das Programm kann von den Seiten der Environmental Software Consultants, Inc. (ESCI) kostenfrei heruntergeladen werden.

<http://www.ussl.ars.usda.gov/models/hydrus2d.htm>

U.S. Salinity Laboratory, USDA/ARS, Riverside, California

<http://www.epa.gov/ada/csmos.html>

Center for Subsurface Modeling Support (CSMoS)

http://www.scisoftware.com/products/cat_flow_unsaturated/cat_flow_unsaturated.html

Ground Water Flow Models Unsaturated Zone

<http://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/uzf/theory.cent.html>

U.S. Geological Survey: Science for the changing world; Unsaturated Flow in a Centrifugal Field

<http://www.ce.udel.edu/faculty/cheng/wenet/swmm.html>

Public Domain Softwares and Their Specifications

http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/all_models.html

Energy and Wetlands Research Group, Center for Ecological Science, Indian Institute of Science, INDIA List of models

<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/bioscrn.html>

BIOSCREEN, Natural Attenuation Decision Support System, User's manual Version 1.4 (1996), United States Environmental Protection Agency, Office of research and development, EPA/600/R087, August 1996

<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/biochlor.html>

BIOCHLOR, U.S. EPA Center for Subsurface Modeling Support (2000); Screening model that simulates remediation by natural attenuation of dissolved solvents at chlorinated solvent release sites;

Glossar

Eintragsprognose:	Gegenüber der →Sickerwasserprognose erweiterter Begriff, der die übergreifende Betrachtung aller möglichen Stoffeinträge in das Grundwasser beinhaltet. Diese können aus der →ungesättigten oder der →gesättigten Bodenzone stammen und mit dem →Sickerwasser oder auf anderen Eintragswegen (Bodenluft, Phase) erfolgen. Der Begriff wird mit dieser Schrift in NRW eingeführt.
erheblicher Stoffeintrag:	(in der BBodSchV auch als <i>erhöhter</i> Stoffeintrag bezeichnet) Übertritt von →Sickerwasser mit Konzentrationen oberhalb der →Prüfwerte in das →Grundwasser am →Ort der Beurteilung bzw. Entstehung von →Kontaktgrundwasser mit Konzentrationen oberhalb der →Prüfwerte.
gegenwärtiger Schadstoffeintrag:	In dieser Schrift verwendet als das ermittelte oder abgeschätzte Ausmaß eines Schadstoffübertritts, der zum Beurteilungszeitpunkt von der zu beurteilenden Fläche in das →Grundwasser stattfindet. Bei einer Abschätzung auf der Basis von in-Situ- oder Materialuntersuchungen wird dabei die Transportzeit in der →ungesättigten Zone vernachlässigt (nicht aber die Veränderungen in der Konzentration auf der Transportstrecke). Im Rahmen der →Eintragsprognose ist zusätzlich die →zukünftige Eintragsentwicklung abzuschätzen.
gegenwärtige Schadstoffausbreitung:	Reichweite, Ausmaß und Konzentrationsverteilung bestehender Grundwasserverunreinigungen, die von der zu beurteilenden Fläche ausgehen, zum Beurteilungszeitpunkt. Im Rahmen der →Eintragsprognose ist zusätzlich die →zukünftige Ausbreitungsentwicklung abzuschätzen.
Geringfügigkeitsschwelle:	Nach wasserrechtlichen Kriterien abgeleitete Schadstoffkonzentration, die trotz einer Erhöhung gegenüber den regionalen (geogenen) Hintergrundkonzentrationen des Grundwassers nur eine in unerheblichem Ausmaß eingetretene Veränderung der chemischen Beschaffenheit (d.h. eine geringfügige Konzentrationserhöhung) bedeutet. Dabei treten keine ökotoxikologischen Wirkungen auf und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleitete Werte werden eingehalten.
Grundwasser:	<i>Alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht.</i> (EU-WRRL)
Grundwasserdeckschicht:	In der vorliegenden Schrift wird dieser Begriff meist im Sinne von "unbelasteter Grundwasserdeckschicht"

	verwendet und bezeichnet den Bereich unterhalb einer Schadstoffbelastung bis zur Grundwasseroberfläche.
Grundwasserleiter:	<i>Gesteinskörper, der geeignet ist, Grundwasser weiter zu leiten.</i> (DIN 4049)
Grundwasserspiegel:	<i>Ausgeglichene Grenzfläche des Grundwassers gegen die Atmosphäre, z.B. in Brunnen oder Grundwassermessstellen.</i> (DIN 4049)
Hintergrundkonzentration:	Stoffkonzentration, die großräumig im von der zu beurteilenden Fläche unbeeinflussten Umfeld festgestellt werden kann. Es sind geogen und anthropogen bedingte Hintergrundkonzentrationen zu unterscheiden.
Kontaktgrundwasser:	→Grundwasser im unmittelbaren Kontaktbereich mit dem schädlich veränderten Boden/Altlastmaterial.
materiell-rechtliche Anforderungen:	Anforderungen konkreter fachlich-inhaltlicher Art (im Gegensatz zu formell-rechtlichen, prozess-rechtlichen etc. Anforderungen).
Ort der Beurteilung:	Ort, bezüglich dessen zu beurteilen ist, ob eine Prüfwertüberschreitung vorliegt bzw. zukünftig zu erwarten ist. Nach § 4 Abs. 3 BBodSchV ist <i>der Ort der Beurteilung der Übergangsbereich von der ungesättigten in die gesättigte Zone</i> . Aus Praktikabilitätsgründen ist für die zu beurteilende Fläche als Ort der Beurteilung ein Grundwasserhöchststand zu ermitteln oder abzuleiten. Liegen Kontaminationen im →Grundwasser, ist die Beurteilung auf das →Kontaktgrundwasser zu beziehen.
Prognose i.S.d. BBodSchV:	<p>1.: In Fällen, in denen keine Messungen am →Ort der Beurteilung oder im →Kontaktgrundwasser direkt durchgeführt werden können: Abschätzung der von der zu beurteilenden Fläche ausgehenden Stoffeinträge in das Grundwasser zum gegenwärtigen Zeitpunkt.</p> <p>2.: Abschätzung der in →überschaubarer Zukunft zu erwartenden →zukünftigen Eintragsentwicklung.</p>
Prüfwerte:	<p>In dieser Schrift zusammenfassend für:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüfwerte der BBodSchV für den Pfad Boden-Grundwasser (Anh. 2, Nr. 3.1) - nötigenfalls anhand derselben Methoden und Maßstäbe abgeleitete Prüfwerte für in der BBodSchV nicht geregelte Stoffe und - ggf. Werte, die geogen bedingte höhere Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser berücksichtigen.
Sachverhaltsermittlung	Ermittlung aller Tatbestände und Rahmenbedingungen des Einzelfalls, die für eine Gefahrenbeurteilung bedeutsam sind.

Schadstoffe	<i>Stoffe und Zubereitungen, die auf Grund ihrer Gesundheitsschädlichkeit, ihrer Langlebigkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden oder auf Grund anderer Eigenschaften und ihrer Konzentration geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen. (BBodSchV § 2 Nr. 6)</i>
Sickerwasser:	<i>Unterirdisches Wasser, das sich durch Überwiegen der Schwerkraft im Sickerraum abwärts bewegt. (DIN 4049) Darunter ist sowohl versickerndes Niederschlagswasser als auch sonstiges Wasser in der →ungesättigten Zone (z.B. Aussickerungen aus undichten Kanälen) zu verstehen.</i>
Sickerwasserprognose:	<i>Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in →überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das →Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der →ungesättigten zur →wassergesättigten Zone. (BBodSchV § 2 Nr. 5)</i>
überschaubare Zukunft:	Hier: Zeitraum, für den aufgrund der zum Beurteilungszeitpunkt vorliegenden Ergebnisse der →Sachverhaltsermittlung und der Kenntnisse über die für den Geschehensablauf maßgeblichen Kausalbeziehungen die im Einzelfall zu erwartenden Schadstoffeinträge in das Grundwasser hinreichend sicher prognostiziert werden können. (Ergebnisse mathematischer Methoden bedürfen einer besonders kritischen Prüfung, inwieweit sie diesen Voraussetzungen entsprechen.)
Untersuchungsmethode:	Spezielle Vorschrift, wie eine Untersuchung im Einzelnen durchzuführen ist (Analysemethoden, Probenahmevorschrift o.ä., s. auch Anh. 1 dieser Schrift).
Verfahrensweise:	Übergeordnete Beschreibung einer grundsätzlichen Vorgehensweise, bei der der Einsatz unterschiedlicher →Untersuchungsmethoden denkbar ist (z.B. Durchführung von Materialuntersuchungen).
(wasser)gesättigte Bodenzone:	<i>Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt vollständig mit Wasser erfüllt ist. (DIN 4049) Sie umfasst auch den geschlossenen Kapillarraum.</i>
(wasser)ungesättigte Bodenzone:	<i>Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt nicht vollständig mit Wasser erfüllt ist. (DIN 4049) Sie umfasst den Sickerraum ohne den geschlossenen Kapillarraum.</i>
wasserrechtlicher Besorgnisgrundsatz:	Die Gewässer <i>sind so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch</i>

	<p><i>dem Nutzen einzelner dienen und vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktion unterbleiben. (WHG § 1a Abs. 1)</i></p> <p><i>Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten ... (WHG § 1a Abs. 2)</i></p>
zukünftige Ausbreitungsentwicklung:	Veränderungen der Lage und des Ausmaßes bestehender Grundwasserverunreinigungen, die von der zu beurteilenden Fläche ausgehen, in →überschaubarer Zukunft. Sie sind im Rahmen einer vollständigen Gefährdungsabschätzung zusätzlich zu der Beschreibung der →gegenwärtigen Schadstoffausbreitung abzuschätzen.
zukünftige Eintragsentwicklung:	Veränderung des Stoffeintrags in das Grundwasser in →überschaubarer Zukunft (nach Konzentration und ggf. Fracht), die im Rahmen der →Eintragsprognose zusätzlich zu dem →gegenwärtigen Stoffeintrag abzuschätzen ist.

Stichwortverzeichnis

A

- Abschätzung, mit mathematischen Methoden
 - Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 4.2.2*
- Abschätzung, verbal-argumentativ
 - Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 4.2.1*
- Ammoniumnitratextrakt
 - Abschn. 3.4.2.2, Anh. 1*
- Amtsermittlung
 - Abschn. 5.1, Abschn. 5.2.1, Abschn. 5.2.3.1*
- An-/Abstromvergleich
 - Abschn. 3.5.3, Abschn. 4.1.4*
- Analysenergebnisse, Beurteilung
 - Abschn. 3.2, Abschn. 3.4*
- Anforderungen, materiell-rechtliche
 - Abschn. 2.1.2, Abschn. 2.1.3, Glossar*
- Anhaltspunkte, konkrete
 - Abschn. 2.1.1, Abschn. 2.1.2, Abschn. 5.2.1, Abschn. 5.3.1*
- Anordnung von Maßnahmen
 - Abschn. 2.1.1, Abschn. 5.1, Abschn. 5.4*
- Ausbreitungsentwicklung, zukünftige
 - Abschn. 4.2, Glossar*
- Ausbreitungsverhalten
 - Abschn. 4.1.2*

B

- Beprobung, repräsentativ
 - Abschn. 3.2, Abschn. 3.3, Abschn. 5.2, Abschn. 5.2.3.2*
- Beprobungsumfang
 - Abschn. 3.2, Abschn. 4.1.6*
- Besorgnisgrundsatz, wasserrechtlicher
 - Abschn. 2.1.2.1, Abschn. 2.1.3, Glossar*
- Bodenluftuntersuchung
 - Abschn. 3.2.3, Abschn. 3.4.2*
- Bodenschutzrecht
 - Abschn. 2.1.2, Abschn. 5.1, Anh. 4, Anh. 5*
- Bodenveränderung, schädliche
 - Abschn. 2.1.1, Abschn. 5.1, Abschn. 5.2, Abschn. 5.4*

D

- Detailuntersuchung
 - Abschn. 5.1, Abschn. 5.3*
- Duldungspflicht
 - Abschn. 5.3.1*

E

- Eintragsentwicklung, zukünftige
 - Abschn. 3.7, Glossar*
- Eintragsprognose
 - Abschn. 3.1.2, Glossar*
- Eluat
 - Abschn. 3.2, 3.3, Anh. 1*
- Erfassung
 - Abschn. 5.1, Abschn. 5.2.1, Abschn. 5.2.2*
- Erhebung, standortbezogen
 - Abschn. 3.1.1, Abschn. 5.1*
- Ermächtigungsgrundlage
 - Abschn. 2.1.1*
- Extrakt
 - Abschn. 3.2, Abschn. 3.3, Anh. 1*

F

- Festgesteinsaquifer
 - Abschn. 3.3*
- Fläche, zu beurteilende
 - Glossar*
- Frachtabschätzung
 - Abschn. 3.6.1, Abschn. 3.6.2*

G

- Gefahr, konkrete
 - Abschn. 2.2*
- Gefährdungsabschätzung, abschließend
 - Abschn. 5.1, Abschn. 5.3.1*
- Gefahrenumfang
 - Abschn. 2.1.3*
- Gesamtgehalte Feststoff
 - Abschn. 2.2, Abschn. 3.1.2.1, Abschn. 3.2, Abschn. 3.2.2*
- Grundwasser, gespannt
 - Abschn. 2.1.2.2*
- Grundwasser, ungespannt
 - Abschn. 2.1.2.2*
- Grundwasserabstrom
 - Abschn. 3.5.3, Abschn. 3.7*
- Grundwasseranstrom
 - Abschn. 3.6.2, Abschn. 4.1.3*
- Grundwasserbereich
 - Abschn. 4.1.4*
- Grundwasserfracht
 - Abschn. 3.6.2*
- Grundwassergefahr
 - Abschn. 2.1, Abschn. 2.2, Abschn. 5.2.2, Abschn. 5.3.2*
- Grundwasserleiter
 - Glossar*
- Grundwassermessstelle, Anzahl
 - Abschn. 4.1.3*
- Grundwassermessstelle, Ausbau
 - Abschn. 4.1.4*
- Grundwassermessstelle, Lage
 - Abschn. 4.1.3*
- Grundwassermodelle
 - Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 4.2.1, Nachspann*
- Grundwasserneubildungsrate
 - Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 3.6.1*
- Grundwasseroberfläche
 - Abschn. 3.2.1, Abschn. 3.2.4, Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 4.1.2*
- Grundwasserschaden
 - Abschn. 5.4.3*
- Grundwassersondierung
 - Abschn. 3.2, Abschn. 3.2.1, Abschn. 3.2.4, Abschn. 3.3, Abschn. 4.1.4, Anh. 1*
- Grundwasserstand, höchster
 - Abschn. 2.1.2.2*
- Grundwasserstandsschwankungen
 - Abschn. 2.1.2.2*
- Grundwasseruntersuchung, Beurteilung
 - Abschn. 3.4.3*

Grundwasseruntersuchungen
*Abschn. 3.2.4, Abschn. 3.3, Abschn. 3.4.3,
 Kap. 4, Anh. 1*

Grundwasserverordnung
Abschn. 2.1.3

H

Hintergrundkonzentration
Abschn. 3.1.2.2, Glossar

I

in-Situ-Untersuchungen
*Abschn. 3.2.3, Abschn. 3.3, Abschn. 3.4.2,
 Anh. 1*

K

Kapillarraum, geschlossen
Abschn. 2.1.2.2

Kapillarraum, offen
Abschn. 2.1.2.2

Kontaktgrundwasser
*Abschn. 2.1.3, Abschn. 3.1.2.1,
 Abschn. 3.1.2.2, Abschn. 3.2, Abschn. 3.2.1,
 Abschn. 3.2.4, Abschn. 3.4.1, Glossar*

Konzentrationsdifferenz, signifikante
Abschn. 3.4.3, Abschn. 4.1.7

L

Löslichkeit, stoffspezifisch
Abschn. 3.4.2

Lösung, analytische
Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 4.2.1

Lysimeter-Versuch
Abschn. 3.2, Abschn. 3.2.2

M

Maßnahme, geeignete
Abschn. 5.4.3

Maßnahme, notwendige
Abschn. 5.4.3

Maßnahme, verhältnismäßige
Abschn. 5.4.3

Maßnahme, zumutbare
Abschn. 5.4.3

Maßnahmenziel
Abschn. 5.4

Materialuntersuchungen
*Abschn. 3.2.2, Abschn. 3.3, Abschn. 3.4.2,
 Anh. 1*

Methode, Auswahl
Abschn. 3.3

Methode, Eignung
Abschn. 3.3

Methode, mathematische
Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 4.2.1, Nachspann

Methode, numerische
Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 4.2.1, Nachspann

Methode, Verhältnismäßigkeit
Abschn. 5.4.3

Methode, Zweckmäßigkeit
Abschn. 5.4.3

Methoden, realitätsnah
Abschn. 3.4.2.1, Anh. 2

Methoden, sonstige
Abschn. 3.4.2.1, Anh. 2

Minimierungsgebot
Abschn. 2.2

O

Orientierungswerte
Abschn. 3.4.2.1, Abschn. 3.4.2.2, Anh. 2

Ort der Beurteilung
*Abschn. 2.1.2.2, Abschn. 3.2.1, Abschn. 3.4.1,
 Glossar*

Ort der Probennahme
*Abschn. 2.1.2.2, Abschn. 3.4.2.2,
 Abschn. 3.5.2.1*

P

Pflichtiger
Abschn. 5.1, Abschn. 5.2

Phase, inkohärent
Abschn. 3.5.1

Phase, kohärent
Abschn. 3.5.1, Anh. 3

pH_{stat}-Elution
Abschn. 3.2.2, Abschn. 3.4.2.2, Anh. 1, Anh. 2

Probennahme / Probennahmeplanung
Abschn. 4.1.5, Abschn. 5.2.3.2

Prognose
*Abschn. 3.1.2.1, Abschn. 3.7, Abschn. 4.2,
 Glossar*

Prognose, Exaktheit
Abschn. 2.2

Prüfwerte
Abschn. 2.1.2.1, Glossar

Prüfwertüberschreitung
Abschn. 2.2, Abschn. 3.4.2

Prüfwertunterschreitung
Abschn. 3.4.2

Pufferkapazität
Abschn. 3.4.2

Q

Qualitätssicherung
Abschn. 4.1.5

Quellstärke
*Abschn. 3.1.2.1, Abschn. 3.2.2,
 Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 3.5.2.2, Abschn. 3.7,
 Abschn. 4.2.1, Abschn. 4.2.2*

R

Residualsättigung
*Abschn. 3.5.1, Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 4.1.2,
 Anh. 3*

Rückrechnung
Abschn. 3.2.4

Rückschluss
Abschn. 3.2.4

S

S4-Eluat
Abschn. 3.4.2.2, Anh. 1

Sachverständige
Abschn. 2.1.1

Sanierungspflicht
Abschn. 2.1.1

Saugkerzenmethode
*Abschn. 3.2, Abschn. 3.2.1, Abschn. 3.2.3,
 Abschn. 3.3, Abschn. 3.4.2.1, Anh. 1*

- Schadstoff in Phase
Abschn. 3.2.3, Abschn. 3.5.1, Abschn. 3.5.2.1
- Schadstoff, anorganisch
Abschn. 3.3, Anh. 1
- Schadstoff, organisch leichtflüchtig
Abschn. 3.3, Anh. 1
- Schadstoff, organisch schwerflüchtig
Abschn. 3.3, Anh. 1
- Schadstoffanteil, Mobilität
Abschn. 3.2.2, Abschn. 3.5.2.1, Abschn. 5.2.3.1
- Schadstoffanteil, mobilisierbar
Abschn. 3.4.3, Abschn. 5.2.3.1
- Schadstoffbelastung, homogen
Abschn. 3.3
- Schadstoffspektrum, homogen
Abschn. 3.3
- Sickerwasser
Abschn. 3.2.1, Abschn. 3.4.1, Abschn. 3.5.2, Abschn. 3.5.3, Glossar
- Sickerwasserfracht
Abschn. 3.6.1
- Sickerwassermodelle
Abschn. 3.5.2.2
- Sickerwasserprognose
Abschn. 3.1.2.1, Glossar
- Stoffeintrag, diffusiv
Abschn. 3.5.1
- Stoffeintrag, erheblich
Abschn. 2.1.2.1, Abschn. 3.1.2.1, Glossar
- Stoffeintrag, gravitativ
Abschn. 3.5.1
- Stoffeintrag, nicht mit dem Sickerwasser
Abschn. 3.5.1
- Stoffeintrag, zukünftig
Abschn. 3.7
- T**
- Transportprognose
Abschn. 3.4.2.1, Abschn. 3.4.2.2, Abschn. 5.3.2.3
- U**
- Untersuchung, orientierende
Abschn. 5.2
- Untersuchungsmethode
Abschn. 3.2, Glossar
- Untersuchungsparameter
Abschn. 3.2, Abschn. 4.1.6, Abschn. 5.2.2
- Untersuchungsstelle
Abschn. 2.1.1, Abschn. 4.1.5
- V**
- Verdacht, hinreichender
Abschn. 2.1.1, Abschn. 5.2.1
- Verfahrensweise
Abschn. 2.2, Abschn. 3.1.2.1, Glossar
- Verhältnismäßigkeit
Abschn. 5.4, Abschn. 5.4.3
- Versauerung
Abschn. 3.4.2.2, Anh. 2
- Vorsorgewerte
Abschn. 3.1.1
- W**
- Wasserrecht
Abschn. 2.1.1, Abschn. 2.1.3
- Z**
- Zeitpunkt, gegenwärtiger
Abschn. 3.5.2
- Zukunft, überschaubare
Abschn. 2.2, Abschn. 3.1.2, Glossar

Anhang 1

Untersuchungsmethoden

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen.....	3
1.1	Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen.....	3
1.2	Probengewinnung und -vorbereitung (Abtrennung der Grobfraktion).....	3
1.3	Erweiterter Anwendungsbereich.....	4
1.4	Phasentrennung bei erweitertem Anwendungsbereich.....	4
2	Untersuchungsmethoden.....	5
2.1	Bodensättigungsextrakt mit Wasser nach BBodSchV Anh. 1, Nr. 3.1.2, Tab. 2.....	5
2.2	Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitrat nach DIN 19 730.....	6
2.3	Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser nach DIN 38 414-4 (S4) (soll zukünftig "ersetzt" werden durch DIN EN 12 457-4, z.Z. noch im Entwurf).....	7
2.4	Eluierung – Deklarationstest für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 : 1	8
2.5	Elution mit der pH _{stat.} -Methode	9
2.6	Zentrifugation zur Gewinnung der Bodenlösung.....	10
2.7	Säulenelution mit Wasser.....	11
2.8	Saugkerzenmethode	13
2.9	Grundwassersondierung	15
2.9.1	Direct-Push-Methode / BAT-Sonde	15
2.9.2	Grundwassersondierung mittels Verrohrung und verlorener Spitze / Rammfilter.....	17
	Literatur	18

1 Vorbemerkungen

1.1 Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen

Nach Anhang 1 Nr. 2.1.3 BBodSchV ist "zur Feststellung der vertikalen Schadstoffverteilung die ungesättigte Bodenzone bis unterhalb einer mutmaßlichen Schadstoffanreicherung oder eines auffälligen Bodenkörpers zu beproben". Diese Ausführungen sind im Zusammenhang mit der Definition der Sickerwasserprognose nach § 2 BBodSchV zu sehen, bei der ausschließlich "Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser", d.h. nur Stoffeinträge aus der ungesättigten Bodenzone betrachtet werden. Allerdings sind im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser alle Stoffeinträge zu berücksichtigen, die von einer zu beurteilenden Fläche in das Grundwasser gelangen können (vgl. Abschn. 2.1.1 dieser Vollzugshilfe). Dies wirkt sich auch auf die Festlegung der Beprobungstiefe aus, die somit im Bedarfsfall **auch die gesättigte Bodenzone** bis unterhalb einer mutmaßlichen Schadstoffanreicherung oder eines auffälligen Bodenkörpers umfasst.

1.2 Probengewinnung und -vorbereitung (Abtrennung der Grobfraction)

Für Eluatuntersuchungen ist die BBodSchV hinsichtlich der Regelungen zur Probengewinnung und -vorbereitung (Abtrennung der Grobfraction) konkretisierungsbedürftig:

- Nach Anhang 1 Nr. 2.4.1 ist die Fraktion > 2 mm generell abzutrennen: "*Grobmaterialien (Materialien > 2 mm) und Fremdmaterialien, die möglicherweise Schadstoffe enthalten oder denen diese anhaften können, sind aus der Gesamtmenge zu entnehmen und gesondert der Laboruntersuchung zuzuführen.*"
- In Anhang 1 Nr. 3.1.1 wird diese grundsätzliche Aussage insofern relativiert, als dort ausgeführt ist: "**Ist bei Böden Bodenmaterial und sonstigen Materialien ... eine Auftrennung in Grob- und Feinanteil erforderlich, hat dies über ein Sieb ... zu erfolgen.**"
- Zudem werden in Anhang 1 Nr. 3.1.2 die zur Herstellung von Eluaten mit Wasser anzuwendenden Methoden vorgeschrieben: "*Für die Herstellung von Eluaten mit Wasser zur Abschätzung von Schadstoffkonzentrationen ... sind die in Tab. 2 angegebenen Verfahren anzuwenden.*" Diese enthalten ihrerseits aber jeweils unterschiedliche Vorschriften zur Probenvorbereitung (Grobkornabtrennung).

Aus fachlichen Gründen ist für Eluatuntersuchungen möglichst immer die naturbelassene Gesamtprobe zu untersuchen.

Eine generelle Abtrennung der Fraktion > 2 mm ist für diese Untersuchungen **nicht** durchzuführen. Es sind die jeweiligen Methodenbeschreibungen im Einzelfall zu beachten, wobei darauf verwiesen wird, dass bezüglich des abzutrennenden Grobkornanteils i.d.R. bei allen Methoden Spielräume bestehen. Größere Fraktionen können dann mituntersucht werden, wenn Probenansätze oder Probengefäße entsprechend vergrößert werden.

Die Untersuchungsstelle hat im Rahmen der Qualitätssicherung jeweils darzulegen, welche Vorgehensweise zur Probenaufbereitung verwendet wurde, und eventuell erforderliche Methodenänderungen zu beschreiben und zu begründen.

1.3 Erweiterter Anwendungsbereich

Die Beschreibungen der Elutions- bzw. Extraktionsmethoden in Kapitel 2 führen unter dem Punkt "Methodenkurzbeschreibung" zunächst jeweils den aus den zitierten Normen entnommenen Anwendungsbereich auf.

Für einige Methoden nennt diese Arbeitshilfe "erweiterte Anwendungsbereiche" für Stoffe, deren Untersuchung methodisch ebenfalls möglich, jedoch bisher i.d.R. wenig untersucht ist. Nach diesen erweiterten Anwendungsbereichen können mit einigen Methoden sowohl anorganische als auch bestimmte organische Substanzen untersucht werden. Auf die verfahrensbedingt eventuell auftretenden Probleme zu geringer gewinnbarer Probenvolumina wird hingewiesen.

1.4 Phasentrennung bei erweitertem Anwendungsbereich

Konkrete Schritte zur Phasentrennung bei der Untersuchung von Eluaten/Extrakten auf organische Substanzen sind im LUA-Merkblatt Nr. 20 (Säulenelution) beschrieben und dort experimentell für PAK abgesichert. Auch aus anderen Untersuchungen (NRW, Hessen, Baden-Württemberg) liegen bereits Erkenntnisse zur Elution organischer Stoffe vor. Danach ist insgesamt die Ultrazentrifugation als das gegenüber der Filtration geeignetere Trennverfahren vorzuziehen.

Sollen bei den in Kapitel 2 genannten Methoden: Bodensättigungsextrakt, S4-Elution, 2:1-Elution, pH_{stat}-Elution und Zentrifugation in einem Eluat/Extrakt mit erweitertem Anwendungsbereich organische Substanzen (mit)analysiert werden, so ist die Phasentrennung - falls erforderlich - in Anlehnung an die beim Säuleneluat nach LUA-Merkblatt Nr. 20 beschriebene Vorgehensweise durchzuführen:

Phasentrennung bei der (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:

Bei Trübungswerten > 10 FNU Aufbereitung der Eluate durch Ultrazentrifugation (z.B. 20.000 · g mit einer Dauer von 20 Min.) im Edelstahlgefäß. Weisen die Eluate nach der Zentrifugation immer noch Trübungswerte > 10 FNU auf, zusätzlich Filtration über 0,45 µm Glasfasermikrofilter.

Die labortechnische Vorgehensweise ist je nach zu untersuchender organischer Stoffgruppe auf ihre Anwendbarkeit zu überprüfen.

2 Untersuchungsmethoden

2.1 Bodensättigungsextrakt mit Wasser nach BBodSchV Anh. 1, Nr. 3.1.2, Tab. 2

- Anwendungsbereich

Untersuchung von Boden- und Aufschüttungsmaterial, Elution anorganischer Stoffe

Erweiterter Anwendungsbereich: Ermittlung des aktuellen Auslaugungsverhaltens nicht flüchtiger organischer Stoffe

- Methoden-Kurzbeschreibung

Durchführung: Zu ca. 250 g der Bodenprobe wird soviel Wasser zugegeben, dass sie vollständig durchfeuchtet ist. Die benötigte Menge an Wasser ist bodenabhängig und sollte ungefähr der Feldkapazität entsprechen. Die Bodenprobe wird durchmischt und 24 h bei 5 °C stehen gelassen, dann in einen Zentrifugenbecher überführt. Destilliertes Wasser wird unter Rühren langsam zugegeben, bis die Fließgrenze erreicht ist. Die Bodenpaste wird verrührt und 24 h bei 5 °C unter Verdunstungsschutz aufbewahrt. Anschließend wird die Probe 30 Min. in einer Kühlzentrifuge zentrifugiert. Die überstehende Lösung wird dekantiert und druckfiltriert. Die Analyseergebnisse sind in mg/l bzw. µg/l anzugeben.

Elutionsmittel: destilliertes Wasser

Elutionsdauer: 48 h (vorbefeuchtet und befeuchtet je 24 h bei jeweils 5 °C unter Verdunstungsschutz)

pH-Wert: nicht eingestellt (probenabhängig)

Filtration: Membranfiltration (0,45 µm)
bei (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:
Vorgehensweise analog Säuleneluat (vgl. Vorbemerkung 1.4)

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: von Bodenart abhängig

Mechanische Beanspruchung: sehr gering

- Vorteile

Die mechanische Beanspruchung ist gering.

Das Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis ist realitätsnaher als bei anderen Elutions-/Extraktionsmethoden.

Der Extrakt entspricht näherungsweise der natürlichen Bodenlösung. Damit können die festgestellten Konzentrationen unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

- Nachteile

Der Arbeitsschritt "Wasserzugabe bis zum Erreichen der Fließgrenze" unterliegt der subjektiven Einschätzung jedes Bearbeiters und ist damit fehleranfällig. Dies wirkt sich nachteilig auf die Reproduzierbarkeit der Methode aus.

Die gewinnbare Extraktmenge ist relativ gering (bei 250 g Boden maximal 100 ml Extrakt) und kann eventuell für analytische Untersuchungen vor allem für organische Stoffe nicht ausreichend sein. Wenn genügend Probenmaterial vorhanden ist, kann der Probenansatz erhöht werden.

Bei feinkörnigen Böden ist die Filtration deutlich erschwert, so dass nur eine geringe Eluatmenge gewonnen werden kann und sich bei der Filtration andere Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Wasser- und Bodenphase einstellen können.

- Grenzen

Bei Böden bzw. Materialien ohne **bindige Anteile** ist die Methode verfahrensbedingt nicht anwendbar. Je geringer der bindige Anteil des Bodens ist, desto exakter muss die Fließgrenze eingestellt werden.

Die Methode ist ungeeignet für leichtflüchtige und weitgehend ungeeignet für lipophile organische Substanzen.

2.2 Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitrat nach DIN 19 730

- Anwendungsbereich

Extraktion mobiler Spurenelementanteile in Böden

- Methoden-Kurzbeschreibung

Durchführung: 20 g Bodenmaterial werden mit 50 ml 1-molarer Ammoniumnitrat-Lösung versetzt und in einer Schüttelflasche zwei Stunden über Kopf mit ca. 20 Umdrehungen pro Minute geschüttelt. Der Überstand wird dekantiert, filtriert und mit Salpetersäure stabilisiert. Die Analysenergebnisse sind in mg/l bzw. µg/l anzugeben.

Elutionsmittel: Ammoniumnitrat-Lösung (NH_4NO_3)

Elutionsdauer: 2 h

pH-Wert: verfahrensbedingt

Filtration: Membranfiltration (0,45 µm)

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: 2,5 : 1

Mechanische Beanspruchung: gering

- Vorteile

Es treten deutlich geringere mechanische Beanspruchungen auf, als bei der Elution nach DIN 38414 Teil 4.

Die Ergebnisse können vor allem auch zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Pflanze verwendet werden.

- Nachteile

Die Methode bildet keine naturnahen Zustände ab, da Ammoniumnitrat-Konzentrationen in der Regel in dieser Größenordnung im Altlastenbereich - insbesondere in der unteren Bodenzone - nicht vorkommen. Die Konzentration des Ammoniumnitrat-Extraktes liegt wesentlich über den Konzentrationen der realen Bodenlösungen.

Die festgestellten Konzentrationen können nicht mit der realen Bodenlösung am Ort der Probenahme gleichgesetzt und daher **nicht** unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

- Grenzen

Die Methode ist lediglich für anorganische Spurenelemente (Schwermetalle und Metalloide) geeignet.

2.3 Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser nach DIN 38 414-4 (S4) (soll zukünftig "ersetzt" werden durch DIN EN 12 457-4, z.Z. noch im Entwurf)

- Anwendungsbereich

Feste, pastöse und schlammige Materialien, Untersuchung zur Beurteilung der Gefährdung von Gewässern, Bestimmung leichtlöslicher Salze in Abfällen

Erweiterter Anwendungsbereich: Ermittlung des aktuellen Auslaugungsverhaltens anorganischer und nicht flüchtiger organischer Substanzen auch in Bodenmaterialien

- Methoden-Kurzbeschreibung

Durchführung: Ca. 100 g Probenmaterial bezogen auf Trockenmasse werden in eine Weithalsflasche eingewogen und mit 1 l destilliertem Wasser versetzt. Die Flasche wird mittels Schüttelgerät (Überkopfschüttler oder Horizontalschüttelmaschine) langsam 24 h geschüttelt. Die Probe soll in Bewegung bleiben, eine weitere Zerkleinerung und ein Abrieb sollen vermieden werden. Nach 24 h soll die Suspension 15 Min. sedimentieren. Die überstehende Flüssigkeit wird dekantiert und 30 Min. mit 2000 g zentrifugiert. Das Zentrifugat wird nach Dekantieren in eine Membrandruckfiltrationsapparatur überführt und druckfiltriert. Die Filtration wird solange fortgesetzt, bis der gesamte Überstand der Zentrifugation das Filter passiert hat. Die Analyseergebnisse sind in mg/l bzw. µg/l anzugeben.

Elutionsmittel: destilliertes Wasser

Elutionsdauer: 24 h

pH-Wert: probenabhängig

Filtration: Membranfiltration (0,45 µm)

bei (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:

Vorgehensweise analog Säuleneluat (vgl. Vorbemerkung 1.4)

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: 10 : 1

Mechanische Beanspruchung: ja (Schütteln, Umwälzen)

- Vorteile

Die Methode ist einfach durchzuführen, es handelt sich um ein Routineverfahren.

Sie ist weitgehend unabhängig vom Substrat geeignet.

Die Methode ist ein eingeführtes Verfahren zur Beurteilung der Verwertbarkeit (LAGA, Technische Regeln) und Deponierbarkeit (TA Siedlungsabfall) von Materialien. Die Ergebnisse können somit auch für solche Fragestellungen verwendet werden.

- Nachteile

Gegenüber realen Bodenlösungen tritt bedingt durch das Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 : 1 i.d.R. eine Verdünnung der Schadstoffe im Eluat auf.

Durch die mechanische Beanspruchung entstehen neue Phasengrenzflächen, so dass eventuell höhere Konzentrationen als unter natürlichen, ungestörten Lagerbedingungen eluiert werden.

In der Summe der sich überlagernden Effekte, die die Konzentration im Eluat beeinflussen, überwiegt meist die Verdünnung.

Die festgestellten Konzentrationen können nicht mit der realen Bodenlösung am Ort der Probenahme gleichgesetzt und daher **nicht** unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

- Grenzen

Die Methode ist ungeeignet für leichtflüchtige und weitgehend ungeeignet für lipophile organische Substanzen.

2.4 Eluierung – Deklarationstest für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 : 1

- Anwendungsbereich

Untersuchung der anorganischen Bestandteile von Abfällen und Schlämmen

Erweiterter Anwendungsbereich: Ermittlung des aktuellen Auslaugungsverhaltens anorganischer und nicht flüchtiger organischer Substanzen auch in Bodenmaterialien

- Methoden-Kurzbeschreibung nach E DIN EN 12 457-1 Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 : 1

Durchführung: Ca. 100 g Probenmaterial bezogen auf Trockenmasse werden in eine Flasche eingewogen und eine entsprechende Menge Auslaugungsmittel (destilliertes Wasser) hinzugefügt, so dass sich ein Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 l/kg \pm 2 % während der Extraktion ergibt. Die Flasche wird mittels Schüttelgerät (Überkopfschüttler oder Horizontalschüttelmaschine) langsam 24 h geschüttelt. Eine weitere Zerkleinerung und ein Abrieb sollen vermieden werden. Nach 24 h soll die Suspension 15 Min. sedimentieren. Die überstehende Flüssigkeit wird dekantiert und 30 Min. mit 2000 g zentrifugiert. Das Zentrifugat wird nach Dekantieren in eine Membrandruckfiltrationsapparatur überführt und druckfiltriert. Die Filtration wird solange fortgesetzt, bis der gesamte Überstand der Zentrifugation das Filter passiert hat. Die Analyseergebnisse sind in mg/l bzw. μ g/l anzugeben.

Elutionsmittel: destilliertes Wasser

Elutionsdauer: 24 h

Filtration: Membranfiltration (0,45 μ m)
bei (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:
Vorgehensweise analog Säuleneluat (vgl. Vorbemerkung 1.4)

pH-Wert: probenabhängig

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: 2 : 1.

Mechanische Beanspruchung: ja (Schütteln, Umwälzen)

- Vorteile

Das Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis ist realitätsnäher als bei der Elution nach DIN 38414 Teil 4 (S4) bzw. nach DIN EN 12 457-4 und ist etwa vergleichbar dem Verhältnis beim Bodensättigungsextrakt. Insofern ist die unmittelbare Verwendung der festgestellten Konzentrationen für die weitere Bewertung vertretbar.

- Nachteile

Bisher liegen nur wenig Erfahrungswerte vor.

- Grenzen

Die Methode ist nicht einsetzbar

- für Material mit einem Trockenmassegehalt unter 33 %
- für Materialien mit einem Wassergehalt oder Wasseraufnahmevermögen, das eine gute Durchmischung des Feststoffes mit der vorher bestimmten Menge der Flüssigkeit nicht erreichbar macht.

Die Methode ist ungeeignet für leichtflüchtige und weitgehend ungeeignet für lipophile organische Substanzen.

2.5 Elution mit der pH_{stat.}-Methode

- Anwendungsbereich

Beurteilung des Langzeitverhaltens von Schwermetallen und Metalloiden in Abfällen und Böden mittels saurer oder alkalischer Elution (Im Altlastenbereich ist i.d.R. nur die saure Elution relevant.)

Erweiteter Anwendungsbereich: Ermittlung des Langzeitverhaltens anorganischer und nicht flüchtiger organischer Substanzen mittels saurer oder alkalischer Elution

- Methoden-Kurzbeschreibung nach LAGA-Richtlinie EW 98 P

Durchführung: In der Regel wird die einer Trockenmasse von 100 g entsprechende Menge der Probe in ein Elutionsgefäß eingewogen und mit 1 l destilliertem Wasser versetzt. Der pH-Wert wird durch eine vollautomatische Titrierstation auf einen festen Wert zwischen pH 4 und pH 11 eingestellt. Die Proben werden mit einem Magnetrührer gerührt. Nach 24 h soll die Suspension 15 Min. sedimentieren. Die überstehende Flüssigkeit wird dekantiert und 30 Min. mit 2000 g zentrifugiert. Das Zentrifugat wird nach Dekantieren in eine Membrandruckfiltrationsapparatur überführt und druckfiltriert. Die Filtration wird solange fortgesetzt, bis der gesamte Überstand der Zentrifugation das Filter passiert hat. Die Analysenergebnisse sind volumenkoriigiert unter Berücksichtigung des Säure- bzw. Basenverbrauchs (normiert auf 1000 ml) und in mg/l bzw. µg/l anzugeben. Die verbrauchte Salpetersäure- bzw. Natronlaugenmenge wird zur Berechnung der Säuren- bzw. Basenneutralisationskapazität aufgezeichnet.

Elutionsmittel: Salpetersäure bzw. Natronlauge

Elutionsdauer: 24 h

pH-Wert: zwischen pH 4 und pH 11

Filtration: Druckfiltration über Membranfilter 0,45 µm
bei (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:

Vorgehensweise analog Säuleneluat (vgl. Vorbemerkung 1.4)

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: 10 : 1

Mechanische Beanspruchung: gering (Rührer)

- Vorteile

Die Methode erlaubt eine Abschätzung des mobilisierbaren Anteils von Stoffen unter veränderlichen pH-Werten sowie die Feststellung der Pufferkapazität des Bodens unter den Versuchsbedingungen (z.B. Einfluss von sauren Sickerwässern).

Es ist weitgehend unabhängig vom Substrat einsetzbar.

- Nachteile

Die Methode dient nicht der Abbildung der aktuell oder zukünftig entstehenden Zusammensetzung der Bodenlösung.

2.6 Zentrifugation zur Gewinnung der Bodenlösung

- Anwendungsbereich

Gewinnung von Porenwasser aus Lockergesteinsmaterial der ungesättigten Zone zur Bestimmung von anorganischen und nicht flüchtigen organischen Substanzen

- Methoden-Kurzbeschreibung

Durchführung: Mindestens 1,5 kg Probenmaterial werden gewonnen und luftdicht und gekühlt gelagert (5 °C). In einen Zentrifugenbecher (Volumen 1000 ml, 2 mm-Bohrung an der Unterseite mit passendem Auffangbecher) wird eine Lage Quarzwolle eingelegt, um Kleinpartikeln zurückzuhalten. Die Probe wird zur Abtrennung der Bodenlösung in den Zentrifugenbecher überführt und mittels Kühlzentrifuge bei mindestens 2.000 g 30 Min. zentrifugiert. Die so gewonnene Bodenlösung wird bei Bedarf für die weitere Analyse filtriert. Zur Abschätzung des Sicker-/Haftwasserverhältnisses wird die Sedimentprobe vor und nach der Zentrifugation sowie nach einer Trocknung bei 105 °C gewogen. Die Analyseergebnisse sind in mg/l bzw. µg/l anzugeben.

pH-Wert: probenbedingt

Filtration : sofern erforderlich Membranfiltration (0,45 µm)

bei (Mit)Untersuchung organischer Stoffe:

Vorgehensweise analog Säuleneluat (vgl. Vorbemerkung 1.4)

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: materialabhängig

Mechanische Beanspruchung: gering

- Vorteile

Es erfolgt lediglich eine geringe mechanische Beanspruchung der Probe.

Der Extrakt entspricht näherungsweise der natürlichen Bodenlösung. Damit können die festgestellten Konzentrationen unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

- Nachteile

Es liegen bisher wenig Erfahrungen vor.

Es sind große Probenmengen erforderlich.

Bei nicht bindigen Böden ist nur mit geringen Porenwassermengen zu rechnen (bei fluvioglazialen Sanden und Kiesen unterschiedlicher Korngrößenverteilung sind z.B. bei 1,5 kg Probenmaterial nur ca. 2 bis 45 ml Porenwasser gewinnbar). Unter Umständen muss das Zentrifugat mit destilliertem Wasser verdünnt werden, um eine für die Analyse ausreichende Probenmenge zu erhalten. In diesen Fällen ist mit einer Verschlechterung der Bestimmungsgrenze zu rechnen. Für die Bestimmung organischer Stoffe kann die gewinnbare Probenmenge häufig zu gering sein.

- Grenzen

Die Methode eignet sich nicht bei leichtflüchtigen Schadstoffen.

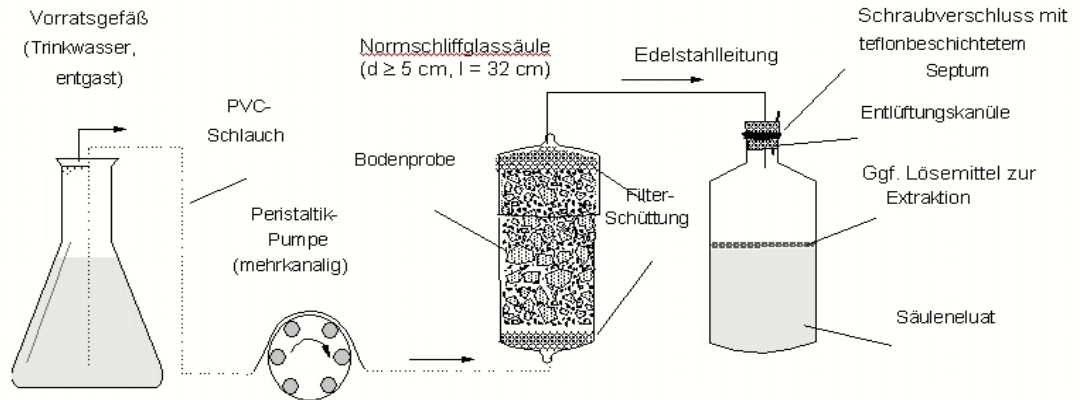
2.7 Säulenelution mit Wasser

- Anwendungsbereich

Elution schwer flüchtiger organischer Substanzen aus Böden und Bodenmaterialien
Erweiterter Anwendungsbereich: Elution anorganischer Substanzen

- Methoden-Kurzbeschreibung nach LUA Merkblatt 20

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung:



In eine Glassäule wird eine Filterschicht aus Quarzsand und darüber die Bodenprobe nach Lufttrocknung portionsweise wassergesättigt eingebaut. Zuletzt wird eine weitere Filterschicht eingebaut. Das Elutionsmittel wird von unten nach oben durch die Säule gepumpt. Die nutzbare Säulenlänge beträgt 32 cm, der Innendurchmesser (ID) ≥ 5 cm. Empfohlen wird eine Durchflussrate von $0,01 \text{ ml/min} \cdot \text{cm}^2$. Dies entspricht einer Flussrate von $0,19 \text{ ml/min}$ bei einem Säulendurchmesser von 5 cm. Grundsätzlich ist eine Kontaktzeit zwischen Elutionsmittel und Boden von mindestens 24 h für die Gleichgewichtseinstellung zu gewährleisten (d.h. der Zusammenhang: Flussrate = Füllvolumen \times Porenanteil / Kontaktzeit ist zu beachten).

Es wird empfohlen, ein Biostatikum in den Auffangbehälter zu geben (z.B. $500 \text{ mg HgCl}_2/\text{l}$ oder Azid), um mikrobielle Abbauprozesse zu unterbinden. In einigen Fällen kann es erforderlich sein, als weitere Maßnahme zur Hemmung unerwünschter mikrobieller Abbauprozesse während der Säulenelution ggf. in zusätzlichen Versuchen auch das Elutionsmittel mit einem Biostatikum zu dotieren. Dies gilt insbesondere für Bodenproben mit einer aktiven Schadstoff-abbauenden Mikroorganismenpopulation und für Proben mit relativ geringen Eluatkonzentrationen im Bereich der Prüfwerte.

Elutionsmittel: sauerstoffarmes Trinkwasser (entgast durch Vakuum über Wasserstrahlpumpe)

Wenn anorganische Substanzen (mit)untersucht werden sollen, ist sauerstoffarmes destilliertes Wasser als Elutionsmittel zu verwenden. Auch hier wird eine Entgasung mittels Vakuum empfohlen.

Elutionsdauer: Kontaktzeit Elutionsmittel/Boden von ca. 24 h. (In diesem Zeitintervall ist eine Gleichgewichtseinstellung nach den vorliegenden Erfahrungen weitgehend abgeschlossen.)

Beginn der Eluat-Probennahme, nachdem die Trübung auf natürliche Werte abgeklungen ist ($< 10 \text{ FNU}$). Dies ist i. d. R. nach dem Austausch von 2-3 Porenvolumina der Fall (bei o.g. Flussrate und Säulenabmessungen 2-3 Tage) Für die Sammlung von 1 l Eluat (Standardprobenvolumen

für PAK-Analytik) ist bei einem Säulendurchmesser von 5 cm ein Zeitraum von ca. 4 Tagen erforderlich, d. h. die Probennahme erfordert ca. 6-7 Tage

Filtration: Bei Trübungswerten > 10 FNU Aufbereitung der Eluate durch Ultrazentrifugation (z.B. 20.000 · g mit einer Dauer von 20 Min.) im Edelstahlgefäß. Weisen die Eluate nach der Zentrifugation immer noch Trübungswerte > 10 FNU auf, zusätzlich Filtration über 0,45 µm Glasfasermikrofilter.

Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis: bei der beschriebenen Versuchsdurchführung ca. 2 : 1

Mechanische Beanspruchung: keine

- Vorteile

Die festgestellten Konzentrationen können näherungsweise mit der realen Bodenlösung am Ort der Probennahme gleichgesetzt und damit unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

- Nachteile

Die Methode ist experimentell bisher nur für PAK abgesichert und noch nicht für anorganische bzw. weitere organische Schadstoffe validiert.

- Grenzen

Die Anwendung ist auf einen maximalen Feinkorngesamtgehalt $d \leq 63 \mu\text{m}$ von ca. 70 % begrenzt, wobei davon der Tongehalt $d \leq 2 \mu\text{m}$ maximal 5 % betragen darf. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Anwendungsgrenzen experimentell im Rahmen der Herleitung des Merkblatts Nr. 20 des LUA NRW ermittelt wurden.

Die Methode eignet sich nicht für die Untersuchung leichtflüchtiger Stoffe.

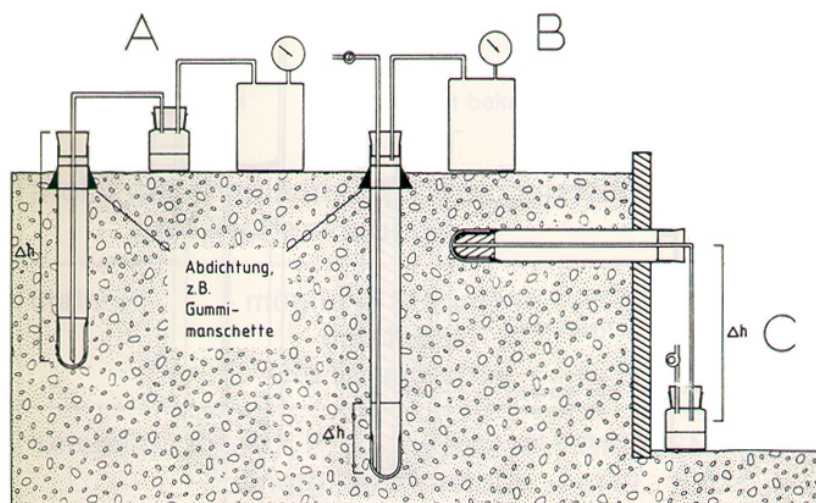
2.8 Saugkerzenmethode

- Anwendungsbereich

Direkte Gewinnung von Bodenlösung bei Einsatz im ungesättigten Bereich

- Methoden-Kurzbeschreibung nach DVWK-Merkblatt 217/1990

Eine Saugsondenanlage besteht aus Kerze, Schaft, Verbindungsschläuchen, Auffanggerät und Unterdruckapparat (siehe Abbildung). Nach Anlegen des Unterdruckes wird dem Boden Bodenwasser entzogen. Als Saugkerzen finden keramische Körper, gesinterte Stoffe (Aluminiumoxid, Kunststoff, Glas) und Membranfilter Verwendung. Die Proben-sammlung kann in Kerze und Schaft und bei Direktabsaugung im Vorratsgefäß erfolgen. Die Anlage ist gegen unerlaubten Zugriff (Manipulierbarkeit) zu sichern.



Verschiedene Anordnungen des Entnahmesystems (aus DVWK 217)

A Entnahme aus der Kerze über Saugapparat

Als Unterdruckbehälter dient ein gesondertes Gefäß. Die Probe wird aus der Kerze direkt in eine Sammel-flasche gesaugt. Der angelegte Unterdruck verringert sich dabei um die Förderhöhe Δh . Der Einbau kann senkrecht oder waagrecht erfolgen. Die Auswahl der Vorratsgefäße erfolgt nach der jeweiligen Fragestellung. Vorratsgefäße sind temperatur- und lichtgeschützt aufzustellen.

B Entnahme aus dem Kerzenschaft über Saugapparat

Als Vakuumgefäß dient der Kerzenschaft und gegebenenfalls zusätzlich ein temperaturgeschütztes Vorratsgefäß. Die Bodenwasserprobe wird in der Kerze und im Schaft gesammelt. Der Unterdruck verringert sich mit wachsendem Probevolumen um den Betrag Δh und um einen vom Verhältnis Probevolumen zu Vakuumvorratsvolumen abhängenden Betrag. Am Ende der Probennahme wird die Probe über einen Schlauch aus der Kerze abgesaugt. Der Einbau erfolgt senkrecht.

C Entnahme mittels hängender Wassersäule

Das Bodenwasser wird über einen dünnen Schlauch (Innendurchmesser $< 2\text{mm}$) in eine Sammel-flasche geleitet. Der Unterdruck wird durch die im Förderschlauch hängende Wassersäule erzeugt. Der Einbau erfolgt waagrecht. Blasenbildung im Schlauch kann die Förderung von Probenwasser behindern. Hier empfiehlt es sich, mit zusätzlichem Unterdruck zu arbeiten (s. System A).

- Vorteile

Die Methode bietet die Möglichkeit der direkten und ggf. tiefendifferenzierten Entnahme von Sickerwasser. Damit können die festgestellten Konzentrationen unmittelbar für die weitere Bewertung verwendet werden.

Der direkte Vergleich der festgestellten Konzentrationen mit den Prüfwerten der BBodSchV ist möglich, sofern die Probe am Ort der Beurteilung genommen wurde.

- Nachteile

Je nach Bodenwasserhaushalt entstehen durch den Zutritt von Sauerstoff und bei den relativ langen Verweilzeiten des Probenwassers im Auffangbehälter bei der Probennahme i.d.R. Beeinflussungen der Ergebnisse durch Stoffumsetzungen.

Die Eignung der Methode ist für bestimmte altlast-relevante organische Schadstoffgruppen (PAK, MKW) derzeit ungenügend erforscht.

Mögliche Wechselwirkungen zwischen dem Saugkerzenmaterial und den zu analysierenden Stoffen sind zu beachten.

In stark bindigen Böden sind nur geringe Wasservolumina gewinnbar.

- Grenzen

Die Einbautiefe ist bis ca. 7 m unter GOK begrenzt.

Die Methode eignet sich nicht für die Untersuchung leichtflüchtiger Stoffe.

Sie ist nicht im Festgestein und nicht bei grobkörnigen Materialien einsetzbar, da kein ausreichender Unterdruck aufgebaut werden kann.

Die Methode kann nur in der ungesättigten Bodenzone angewandt werden.

2.9 Grundwassersondierung

2.9.1 Direct-Push-Methode / BAT-Sonde

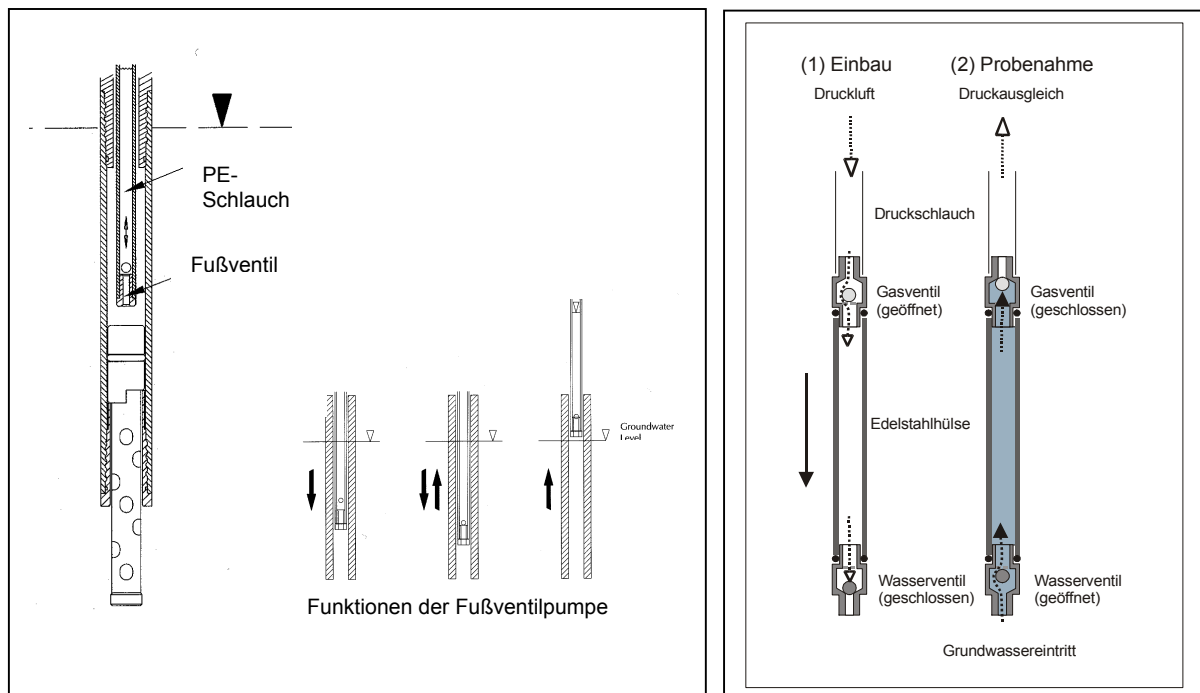
- Anwendungsbereich

Entnahme von Grundwasser aus dem Bereich der Grundwasseroberfläche unterhalb des Kontaminationsbereiches

Tiefenspezifische Beprobung des Grundwassers

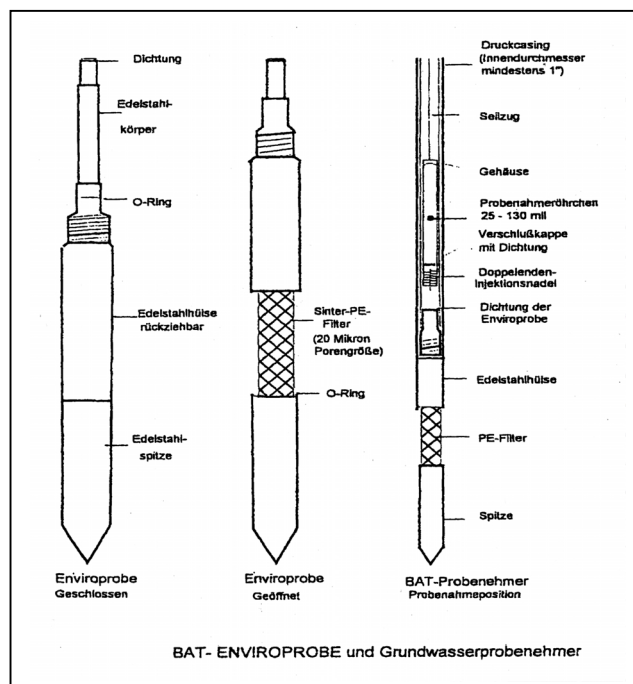
- Methoden-Kurzbeschreibung Direct-Push

Bei der Grundwassersondierung mittels Direct-Push-Methode werden mittels Proben-nahmefahrzeug Sonden hydraulisch in den Untergrund getrieben. Zur Grundwasserproben-nahme wird das Hohlrohrgestänge einschließlich der Sonde über den hydraulischen Antrieb bis in die wassergesättigte Bodenzone gedrückt. Soll eine Probe am Ort der Beurteilung gewonnen werden, muss der Entnahmebereich möglichst nahe an der Grundwasser-oberfläche liegen (maximal 0,4 m darunter). Die Lage des Grundwasserspiegels kann z.B. im Bohrgestänge mittels Lichtlot festgestellt werden. In der gewünschten Tiefe wird zur Probennahme ein Edelstahlfilter aus der Sonde ausgefahren. In Abhängigkeit von der Korngröße des Substrats können unterschiedliche Filtermaterialien verwendet werden. Der Pumpvorgang erfolgt mit Hilfe eines beschichteten PE-Schlauches mit Fußventil und einer Hydroliftpumpe (Fußventilpumpe). Die Wassersäule wird durch die Auf- und Abwärtsbewegung des PE-Schlauches an die Oberfläche gedrückt. Die Entnahmemengen betragen zwischen 2 bis 20 l/min. Die Probennahme für leichtflüchtige Schadstoffe erfolgt über das dargestellte Probennahmeaggregat Hydrop (s. u. rechts).



- Methoden-Kurzbeschreibung BAT-Sonde

Zur Grundwasserprobennahme mittels Drucksondierungen wird das Hohlrohrgestänge einschließlich der Sonde über einen hydraulischen Antrieb bis in die wassergesättigte Bodenzone gedrückt. Soll eine Probe am Ort der Beurteilung gewonnen werden, muss der Entnahmehereich möglichst nahe an der Grundwasseroberfläche liegen (maximal 0,4 m darunter). Die geschlossene Filterspitze wird bis 10 cm unter den Zielhorizont gedrückt. Durch Rückziehen des Sondiergestänges wird der Filter geöffnet. Danach erfolgt der Einbau des BAT-Probenehmers (130 ml evakuierter Glascontainer) am Drahtseil. Die Probennahme über Doppelnadel zwischen Probennahmegefäß und BAT-Sampler erfolgt bis zum Druckausgleich im Zielhorizont. Die Entnahme der Probe erfolgt einschließlich der flüchtigen Komponenten bei Erhalt der in-situ-Bedingungen.



- Vorteile

Eine direkte Probennahme am Ort der Beurteilung wird ermöglicht. Der direkte Vergleich der festgestellten Konzentrationen mit den Prüfwerten der BBodSchV am Ort der Beurteilung ist somit möglich. Beide Methoden erlauben auch eine tiefenspezifische Grundwasserprobennahme im Grundwasserleiter. Sie sind für alle Schadstoffgruppen und Schadstoffgemische geeignet.

- Nachteile

Bei Folgeuntersuchungen des Grundwassers ist jeweils die Sonde wieder in den Untergrund niederzubringen.

- Grenzen

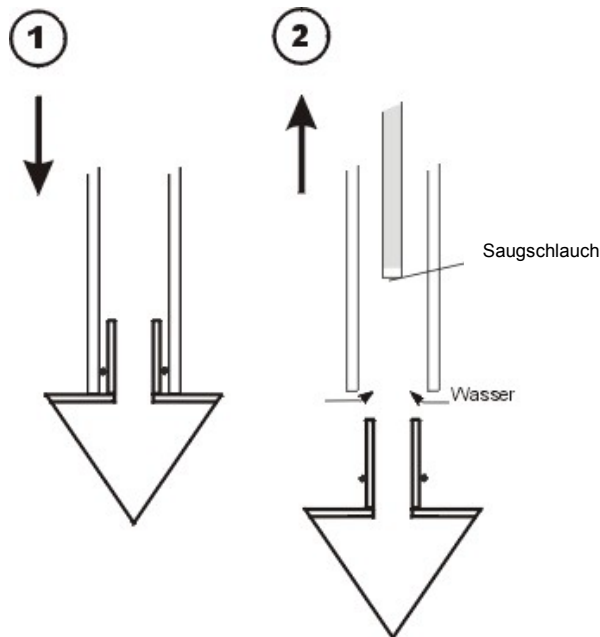
Die Methoden sind bis in Tiefen von maximal 25 bis 30 m u. GOK einsetzbar. Die Methoden sind nicht zur Sickerwasserprobennahme in der ungesättigten Bodenzone und nicht im Festgestein einsetzbar. Bei sehr feinkörnigen Böden ($K < 10^{-7}$ m/s) sind sie aufgrund des geringen Wasserandrangs nur begrenzt einsetzbar.

2.9.2 Grundwassersondierung mittels Verrohrung und verlorener Spitze / Rammfilter

- Anwendungsbereich

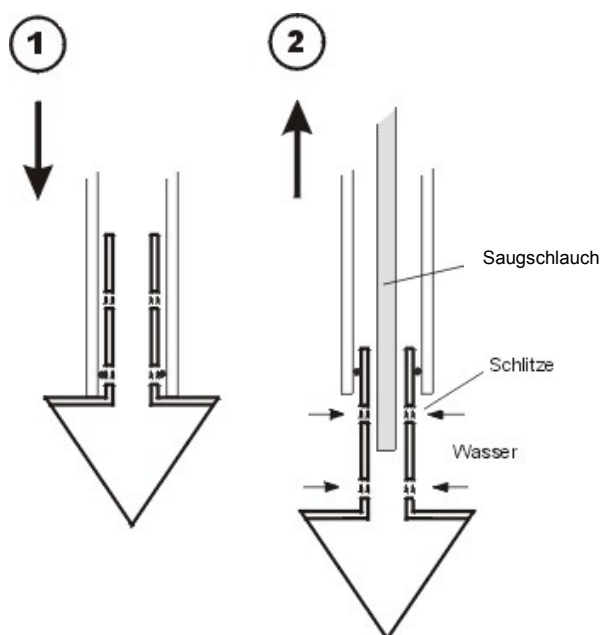
Entnahme von Grundwasser aus dem Bereich der Grundwasseroberfläche unterhalb des Kontaminationsbereiches

- Methoden-Kurzbeschreibung Verrohrung und verlorene Spitze



Bei der Grundwassersondierung mittels Verrohrung und verlorener Spitze wird mit einem Bohrhammer (Handgerät) eine Verrohrung (50 mm) mit verlorener Spitze bis in den Bereich der Grundwasseroberfläche gerammt. Deren Lage muss aus Voruntersuchungen bekannt sein. Nach Erreichen der Endtiefe wird die Verrohrung ein Stück gezogen, sodass die verlorene Spitze vom Ende der Verrohrung entfernt wird und die Verrohrung nach unten hin offen ist. Grundwasser kann in die Verrohrung eindringen und mittels Schöpfgerät beprobt werden.

- Methoden-Kurzbeschreibung Rammfilter



Bei der Grundwassersondierung mittels Hohlrohrgestänge und Rammfilterspitze (siehe Abbildung) wird mittels Bohrhammer (Handgerät) die Filterspitze bis in den Bereich der Grundwasseroberfläche gerammt. Deren Lage muss aus Voruntersuchungen bekannt sein. Nach Erreichen der Endtiefe wird das Hohlrohrgestänge ein Stück gezogen, sodass die Filterschlitze des Rammfilters freigesetzt werden und Grundwasser in die Filterspitze in das Innere der Sonde einströmen kann. Mittels Saugpumpe wird eine Grundwasserprobe entnommen.

- Vorteile

Eine direkte Probenahme am Ort der Beurteilung wird ermöglicht.

Der direkte Vergleich der festgestellten Konzentrationen mit den Prüfwerten der BBodSchV am Ort der Beurteilung ist somit möglich.

- Nachteile

Bei Folgeuntersuchungen des Grundwassers ist jeweils die Bohrung wieder in den Untergrund niederzubringen.

- Grenzen

Die Methoden sind nicht im Festgestein einsetzbar.

Die Methoden sind nur bis in Tiefen von maximal 6 bis 8 m u. GOK einsetzbar.

Sie sind nicht zur Sickerwasserprobenahme in der ungesättigten Bodenzone einsetzbar.

Bei sehr feinkörnigen Böden ($K < 10^{-7}$ m/s) sind sie aufgrund des geringen Wasserandrangs nur begrenzt einsetzbar.

Literatur

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau DVWK Merkblätter 217/1990: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, Verlag Paul Parey.

DIN 19730: 1997-06: Bodenbeschaffenheit, Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung.

DIN 38414-4: 10.84: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4); soll zukünftig "ersetzt" werden durch DIN EN 12 457-4, z.Z. noch im Entwurf.

DIN EN 12457 - 1 (Entwurf Feb. 2000): Charakterisierung von Abfällen, Eluierung – Deklarations-test für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen – Test 1: einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 l/kg und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Kornreduzierung)

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Hrsg.) (LAGA EW 98 P): Entwurf zur Verfahrensvorschrift pH_{stat}-Verfahren.

Landesumweltamt NRW (LUA NW 2000): Merkblatt 20: Empfehlungen für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

Anhang 2 Orientierungswerte

Die Untersuchungsmethoden

- S4-Eluat nach DIN 38 414-4,
- Ammoniumnitrat-Extraktion und
- pH_{stat}-Elution

bilden im Allgemeinen die Bedingungen in der realen Bodenlösung verfahrensbedingt nicht ab (vgl. Abschn. 3.4.2.2 und Anh. 1). Analysenergebnisse dieser Untersuchungsmethoden können somit nur unter bestimmten Annahmen oder Voraussetzungen und nur als Orientierungswerte für die fachliche Beurteilung verwendet werden. Sollen gezielt für eine Eintragsprognose Materialuntersuchungen durchgeführt werden, wird die Wahl einer in Abschnitt 3.4.2.1 genannten, realitätsnahen Untersuchungsmethode empfohlen.

Liegen jedoch aus unterschiedlichen Gründen bereits Analysen-Ergebnisse aus einer dieser Untersuchungsmethoden vor, so können sie zur Einschätzung einer möglichen Grundwassergefährdung wie folgt herangezogen werden (Tab. 1 - 5). Die in den Tabellen 1, 2 und 5 aufgeführten Orientierungswerte wurden im Zusammenhang mit der Verwertung von Bodenmaterial¹ abgeleitet, die Werte der Tabelle 4 auf der Basis von Hintergrundgehalten nicht spezifisch belasteter Böden in NRW.

Tab. 1: **Orientierungswerte** für die Einschätzung von Stoffkonzentrationen im **S4-Eluat** (ohne Vorhandensein einer wirksamen Grundwasserdeckschicht)
Die Werte stellen eine **untere Abschneidegrenze** dar, d.h. bei Unterschreiten dieser Konzentrationen im S4-Eluat **kann vom Unterschreiten der Prüfwerte** am Ort der Probennahme **und** am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser ausgegangen werden. Ein Überschreiten der **Orientierungswerte** lässt demgegenüber nicht zwangsläufig den Schluss zu, dass am Ort der Probennahme auch die **Prüfwerte** überschritten sind.

Parameter	Dimension	Orientierungswert OW _{S4-1}
pH-Wert	-	6,5 - 9,5
Leitfähigkeit	µS/cm	500
Chlorid	mg/l	10
Sulfat	mg/l	50
Cyanid gesamt	µg/l	10
Arsen	µg/l	10
Blei	µg/l	10
Cadmium	µg/l	1,5
Chrom	µg/l	12
Kupfer	µg/l	14
Nickel	µg/l	14
Quecksilber	µg/l	< 0,5
Zink	µg/l	270
Phenole	µg/l	20

¹ Wegen des Zusammenhangs mit dem Regelwerk der LAGA über die Verwertung mineralischer Abfälle sollten Änderungen dieses Regelwerkes und der darin enthaltenen Konzentrationswerte beachtet werden.

Tab. 2: Orientierungswerte für die Einschätzung von Stoffkonzentrationen im **Ammoniumnitrat-Extrakt (AN)** (ohne Vorhandensein einer wirksamen Grundwasserdeckschicht)
Die Werte stellen eine **untere Abschneidegrenze** dar, d.h. bei Unterschreiten dieser Konzentrationen im Ammoniumnitrat-Extrakt **kann vom Unterschreiten der Prüfwerte** am Ort der Probenahme **und** am Ort der Beurteilung bzw. im Kontaktgrundwasser ausgegangen werden. Ein Überschreiten der **Orientierungswerte** lässt demgegenüber nicht zwangsläufig den Schluss zu, dass am Ort der Probenahme auch die **Prüfwerte** überschritten sind.

Parameter	Dimension	Orientierungswert OW_{AN}
Arsen	$\mu\text{g/l}$	10
Blei	$\mu\text{g/l}$	70
Cadmium	$\mu\text{g/l}$	30
Chrom	$\mu\text{g/l}$	50
Kupfer	$\mu\text{g/l}$	50
Nickel	$\mu\text{g/l}$	200
Zink	$\mu\text{g/l}$	3.700

Tab. 3: Säureneutralisationspotenzial SNP_{BS} ausgewählter Böden bei pH 4 für verschiedene Schichtdicken gegenüber sauren Niederschlägen ($0,17 \text{ eq H}^+/\text{m}^2$ und Jahr) bei einer Lagerungsdichte von 1.500 kg/m^3 in Abhängigkeit der Säureneutralisationskapazität SNK

Bodenart	SNK	Säureneutralisationspotenzial SNP_{BS} bei pH 4 für Bodenschichten mit		
		d = 0,06 m	d = 0,35 m	d = 5,0 m
	[eq/kg]	[Jahre]		
Podsol (Siegburg)	0,005	3	15	221
Parabraunerde (Bochum)	0,05	26	154	2.206
Braunerde (Märk.Kreis)	0,07	37	216	3.088
Gley (Neuss)	0,08	42	247	3.529
Rendzina (Warendorf)	0,57	302	1.760	25.147

Tab. 4: Orientierungswerte für die Einschätzung von Stoffkonzentrationen im **pH_{stat.}-Eluat (pH = 4)**

Die Werte stellen eine **untere Abschneidegrenze** dar, d.h., unterschreiten die Konzentrationen im pH_{stat.}-Eluat bei pH = 4 diese Orientierungswerte, kann davon ausgegangen werden, dass **zukünftig** während und nach Ablauf der Versauerungsvorgänge **allenfalls geringfügige** Belastungen im Sickerwasser entstehen.

Element	Dimension	Orientierungswert OWpH4 _{stat}
Arsen	µg/l	35
Blei	µg/l	40
Cadmium	µg/l	35
Chrom	µg/l	12
Kupfer	µg/l	60
Nickel	µg/l	70
Quecksilber	µg/l	1
Zink	µg/l	2000

Tab. 5: Orientierungswerte für die Einschätzung von Stoffkonzentrationen im **S4-Eluat** bei Standorten mit einer **wirksamen Grundwasserdeckschicht** (vgl. Abschn. 3.5.2.1)

Die Werte stellen eine **untere Abschneidegrenze** dar, d.h. bei Lage der Schadstoffquelle nur in der ungesättigten Zone und Unterschreiten dieser Orientierungswerte im S4-Eluat und Überdeckung des Grundwasserleiters mit einer wirksamen Deckschicht **kann vom Unterschreiten der Prüfwerte am Ort der Beurteilung** ausgegangen werden.

Unter einer wirksamen Grundwasserdeckschicht ist eine unbelastete Grundwasserüberdeckung aus mindestens 2 m bindigem Material (Tone, Schluffe, Lehme) zu verstehen.

Parameter	Dimension	Orientierungswert OW _{S4-2}
pH-Wert	-	6 - 12
Leitfähigkeit	µS/cm	1.000
Chlorid	mg/l	15
Sulfat	mg/l	75
Cyanid gesamt	µg/l	50
Arsen	µg/l	30
Blei	µg/l	100
Cadmium	µg/l	3
Chrom	µg/l	40
Kupfer	µg/l	40
Nickel	µg/l	20
Quecksilber	µg/l	0,5
Zink	µg/l	310
Phenole	µg/l	40

Anhang 3 Berechnungen

1. Berechnung der Konzentration eines Stoffes im Boden bei Residualsättigung

In Abschnitt 3.5.1 wird auf die Abschätzung von Stoffeinträgen in das Grundwasser eingegangen, die nicht mit dem Sickerwasser erfolgen. Dabei wird die Berechnung von Stoffkonzentrationen für den Fall erwähnt, dass organische Schadstoffe in Phase oberhalb der Residualsättigung vorliegen.

Die Residualsättigung eines Bodens kann z.B. für Mineralöl vereinfacht nach folgendem empirischen Ansatz abgeschätzt werden:

$$R = -0,1411 \cdot n_{\text{eff}}^2 + 8,9434 \cdot n_{\text{eff}} - 121,17$$

mit: R : Residualsättigung eines Stoffes in einem porösen Medium [l/m³]
 n_{eff}: effektive Porosität, nutzbarer Porenraum [%]

Beispiele für Konzentrationen von Schadstoffen bei Residualsättigung in Abhängigkeit vom Substrat zeigt die nachfolgende Tabelle 1. Es ist zu beachten, dass z.B. in Teerölen i.d.R. die PAK als Leitsubstanzen für die Schadstoffbelastung angegeben werden, diese aber nur einen Teil der fluiden Phase ausmachen. Größenordnungen der Residualsättigung für verschiedene Fluide in verschiedenen Böden sind auch WALZENBACH (1991) zu entnehmen.

Tab. 1: Angaben für die Residualsättigung bei (undegradierten) Mineralölen, LHKW und Naphthalinöl als Beispiel für ein Teeröl in Abhängigkeit von der Korngröße

Schadstoffgruppe	Bodenart nach DIN 4022	Residualsättigung in der ungesättigten Bodenzone [l / m ³]	Konzentration bei Residualsättigung [mg/kg] (gerundet)
Mineralöl-Kohlenwasserstoffe	Schluff	20 - 40 ¹⁾	8.000 - 16.000
	Sand	5 - 20 ¹⁾	2.000 - 8.000
	Kies	3 - 5 ¹⁾	1.200 - 2.000
Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Tri/Per)	Sand	30 ²⁾	28.000
	sandiger Kies	12 ²⁾	11.000
	Kies	3 ²⁾	2.800
Naphthalinöl als Gesamt-PAK	Schluff	13 - 26 ³⁾	7.000 - 15.000 ³⁾
	Schluff sandig	12 - 23 ³⁾	-
	Kies	8 - 16 ³⁾	6.000 - 9.000 ³⁾

¹⁾UBA (1990); ²⁾SCHWILLE (1984); ³⁾LEG NW (1992)

Die Durchlässigkeit K eines porösen Mediums gegenüber einer Flüssigkeit hängt von der Dichte der Flüssigkeit ρ_{fl} , der Gravitation g , der dynamischen Viskosität η_{fl} sowie der Permeabilität k des Bodens ab. Es gilt:

$$K_{fl} = \frac{\rho_{fl} g}{\eta_{fl}} k$$

Für eine gegebene Temperatur und einen Boden mit der Permeabilität k lässt sich so das Verhältnis des Durchlässigkeitsbeiwertes K_{fl} der Flüssigkeit zu dem des Wassers K_{fw} ermitteln. Bei gleichem hydraulischen Gefälle gilt für das Verhältnis der Filtergeschwindigkeiten:

$$\frac{V_{fl}}{V_{fw}} = \frac{K_{fl} \eta_w}{K_{fw} \eta_{fl}}$$

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist für einige Kohlenwasserstoffe das Verhältnis der Filtergeschwindigkeiten V_{fl}/V_{fw} angegeben.

Tab. 2: Physikalische Daten und relative hydrologische Beweglichkeit verschiedener organischer Flüssigkeiten im Vergleich zu Wasser (nach MATTHESS & UBELL, 1983)

Substanz	ρ_{fl} Dichte	η_{fl} Dynamische Viskosität	V_{fl}/V_{fw}
	[t/m ³ 20°C]	[mPas 20°C]	
Wasser	0,9982	1,005	1
Benzin	0,73-0,79	0,65	1,54
Dieselmotorenöl	0,82-0,86	2,80 - 6,40	0,36 - 0,15
Heizöl EI	0,83-0,85	3,40 - 6,40	0,29-0,15
Heizöl M	0,92-0,95	21 - 34	0,05-0,03
Heizöl S	0,95-0,98	75 - 380	0,013-0,003
Dichlormethan	1,327	0,4355	3,07
Trichlormethan	1,498	0,564	2,67
Tetrachlormethan	1,555	0,969	1,62
1,2-Dichlorethen trans	1,258	0,923	1,37
1,2-Dichlorethen cis	1,284	0,474	2,73
1,1,1-Trichlorethan	1,338	0,903 (15°C)	1,86
1,1,2-Trichlorethan	1,440	1,19	1,22
1,1,2-Trichlorethen	1,462	0,58	2,54
1,1,2,2-Tetrachlorethan	1,598	1,75	0,92
Tetrachlorethen	1,623	0,88	1,86
1,2-Dichlorpropan	1,156	0,865	1,35
o-Dichlorbenzol	1,306	1,0656	1,23
Chlortoluol	1,083	1,037 (15°C)	1,05
Benzol	0,879	0,652	1,36

2. Berechnung der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung aus den Ergebnissen von Grundwasseruntersuchungen

In Abschnitt 3.5.3 ist dargelegt, wie anhand von Grundwasseranalysen abgeschätzt werden kann, ob zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein Schadstoffeintrag in das Grundwasser stattfindet, der von der zu beurteilenden Fläche ausgeht. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wird ein solcher Eintrag meist nur näherungsweise über Rückschlüsse einzuschätzen sein. Unter bestimmten Voraussetzungen ist jedoch auch eine **Berechnung der Schadstoffkonzentration im Sickerwasser am Ort der Beurteilung anhand von Grundwasseranalysen** möglich. Dies setzt voraus, dass die Schadstoffquelle ausschließlich in der ungesättigten Zone liegt und ein Stofftransport nur mit dem Sickerwasser erfolgt. Ein notwendiger Berechnungsparameter ist dabei die Grundwasserneubildungsrate (s.u.). Die Berechnung ist nur möglich, wenn dieser Parameter hinreichend genau bestimmt werden kann. Wenn das Sickerwasser ausschließlich oder ganz überwiegend aus versickerndem Niederschlagswasser gebildet wird, kann die Grundwasserneubildungsrate über die Niederschlagsmenge abgeschätzt werden (vgl. auch Abschn. 3.6.1).

Berechnungen der Sickerwasserkonzentration können i.d.R. **nicht** (sinnvoll) durchgeführt werden, wenn:

- Sickerwasser nicht nur aus Niederschlagswasser (sondern z.B. zu erheblichen Anteilen aus undichten Kanälen) entsteht. In diesen Fällen muss geprüft werden, ob die für die Berechnung erforderliche Grundwasserneubildungsrate aus den vorhandenen Informationen hinreichend genau ermittelt werden kann. Anderenfalls kann eine Berechnung der Sickerwasserkonzentration nicht vorgenommen werden und der Schadstoffeintrag ist nur über Rückschlüsse abzuschätzen.
- die im Grundwasser ermittelte Schadstoffkonzentration nicht (oder nicht nur) mit dem Sickerwasser eingetragen wird (z.B. Eintrag über die Bodenluft, in Phase oder mit dem Grundwasser, wenn die Schadstoffquelle (auch teilweise) in der gesättigten Zone liegt).

Der Grundwasservolumenstrom im Anstrom einer belasteten Fläche Q_{An} berechnet sich aus der Querschnittsfläche F des Aquifers [m^2], dem hydraulischen Gradienten i [1] und dem K-Wert des Grundwasserleiters [m/s] nach der Formel (vgl. Abb. 1):

$$Q = K \cdot i \cdot F \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Der Grundwasserabstrom Q_{Ab} ist die Summe aus dem Grundwasseranstrom und der Grundwasserneubildung Q_{SW} .

$$Q_{Ab} = Q_{An} + Q_{SW} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Die mitgeführte Stofffracht E_{An} bzw. E_{Ab} wird aus der Konzentration des Stoffes im Grundwasseran- und -abstrom (c_{An} / c_{Ab}) und dem Volumenstrom Q ermittelt:

$$E_{An} = Q_{An} \cdot c_{An} \text{ [mg/s]} \quad \text{und} \quad E_{Ab} = Q_{Ab} \cdot c_{Ab} \text{ [mg/s]}$$

Die Stofffracht im Abstrom E_{Ab} ist die Summe der Stofffracht im Anstrom E_{An} und der des Sickerwassers E_{SW}

$$E_{Ab} = E_{An} + E_{SW} \text{ [mg/s]}$$

Der durch das Sickerwasser aus der altlastenverdächtigen Fläche / Altlast eingetragene Anteil der Stofffracht ist also

$$E_{SW} = E_{Ab} - E_{An} \text{ [mg/s]}$$

Die Stoffkonzentration des Sickerwassers errechnet sich nach der Beziehung

$$c_{SW} = E_{SW} / Q_{SW} \text{ [mg/l]}$$

Literatur

Landesentwicklungsgesellschaft NRW (LEG 1992): Studie über die Mobilität von Teerölen in der ungesättigten Bodenzone zur Festlegung des Sanierungskonzeptes für das Gelände der Zeche/Kokerei Scharnhorst in Dortmund; Düsseldorf.

MATTHESS, G., UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt, Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1, 1. Auflage, S. 1-437, Borntraeger, Stuttgart.

SCHWILLE, F. (1984): Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe in porösen und klüftigen Medien. Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Nr. 46, herausgegeben von der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz.

WALZENBACH, J. (1991): Mineralöle in Böden und Festgesteinen.- Schriftenreihe des Lehrstuhls für Angewandte Geologie Karlsruhe AGK.

Umweltbundesamt (UBA 1990): OBERMANN, P., PHILLIPP, W., RÜDDIGER, G., Beurteilung und Behandlung von Mineralölschadensfällen im Hinblick auf den Gewässerschutz, Überarbeitete Zusammenfassung der Berichte von 1979-1986 der Arbeitsgruppe "Wasser und Mineralöl", im Auftrag des Umweltbundesamtes, LTWS-Nr. 24.

Rechengrößen:

Grundwasserneubildung 200 mm/a

belastete Teilfläche

Fläche ca. 1.000 m²

Breite quer zur GW-Fließrichtung b = 50 m

Grundwasserleiter

Mächtigkeit h = 10 m

Hydraulischer Gradient i = 0,001

Durchlässigkeitsbeiwert K = 1 · 10⁻⁴ m/s**Berechnung:**

$$Q_{An} = K \cdot i \cdot F \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{An} = 10^{-4} \cdot 0,001 \cdot (50 \cdot 10)$$

$$= 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_{An} = Q_{An} \cdot C_{An}$$

$$E_{An} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,002 \text{ mg/l}$$

$$= 1 \cdot 10^{-4} \text{ mg/s}$$

$$Q_{Ab} = Q_{An} + Q_{SW} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Ab} = 5 \cdot 10^{-5} + 6,34 \cdot 10^{-6}$$

$$= 5,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_{Ab} = Q_{Ab} \cdot C_{Ab}$$

$$= E_{An} + E_{SW} \text{ mg/s}$$

$$E_{Ab} = 5,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,02 \text{ mg/l}$$

$$= 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ mg/s}$$

$$E_{SW} = E_{Ab} - E_{An} \text{ mg/s}$$

$$E_{SW} = 1,13 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$$

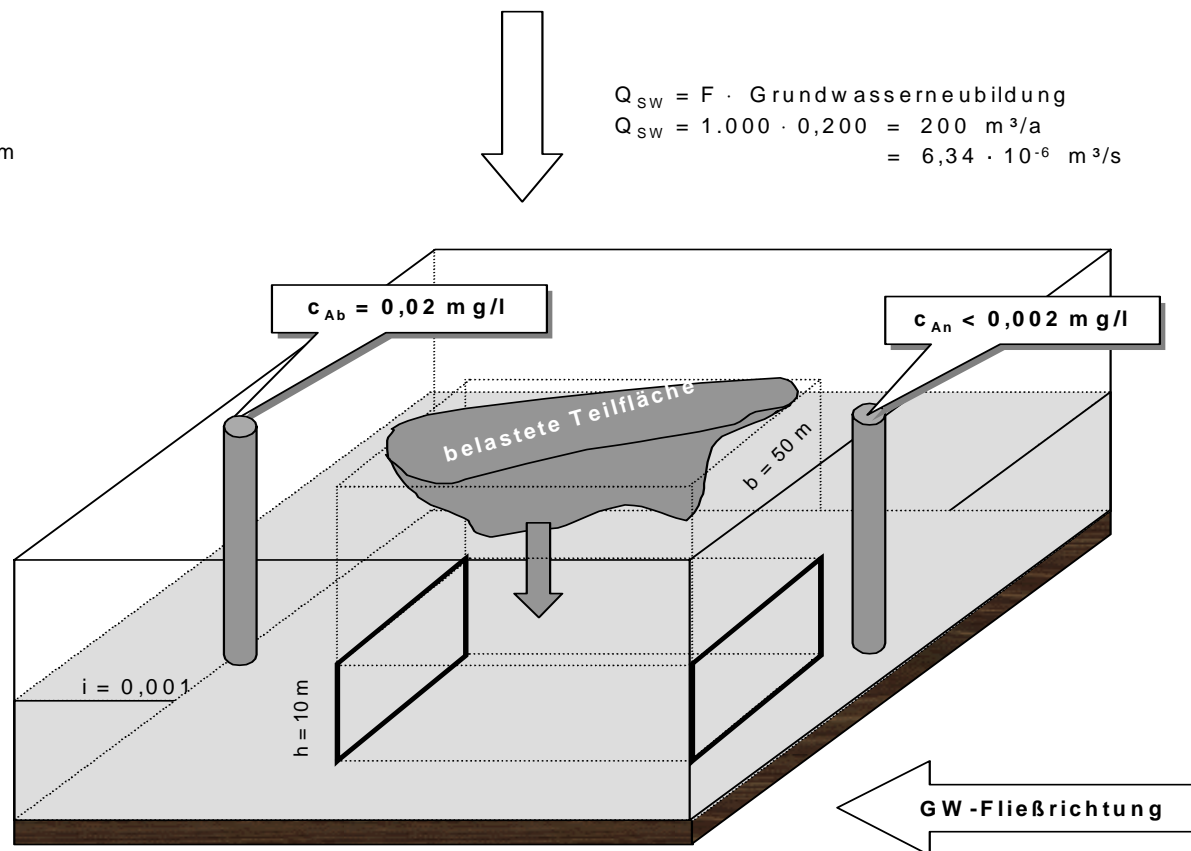
$$= 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mg/s}$$

$$C_{SW} = E_{SW} / Q_{SW} \text{ mg/l}$$

$$C_{SW} = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mg/s} / 6,34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 162,46 \text{ mg/m}^3$$

$$= 0,16 \text{ mg/l}$$



$$Q_{SW} = F \cdot \text{Grundwasserneubildung}$$

$$Q_{SW} = 1.000 \cdot 0,200 = 200 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$= 6,34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Abb. 1: Rückrechnung aus Grundwasserdaten auf die Konzentration des Sickerwassers am Ort der Beurteilung

Anhang 4

Gesetz zum Schutz des Bodens

vom 17. März 1998

Artikel 1

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz- BBodSchG)

Inhaltsübersicht

Erster Teil

Allgemeine Vorschriften

- § 1 Zweck und Grundsätze des Gesetzes
- § 2 Begriffsbestimmungen
- § 3 Anwendungsbereich

Zweiter Teil

Grundsätze und Pflichten

- § 4 Pflichten zur Gefahrenabwehr
- § 5 Entsiegelung
- § 6 Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden
- § 7 Vorsorgepflicht
- § 8 Werte und Anforderungen
- § 9 Gefährdungsabschätzung und Untersuchungsanordnungen
- § 10 Sonstige Anordnungen

Dritter Teil

Ergänzende Vorschriften für Altlasten

- § 11 Erfassung
- § 12 Information der Betroffenen
- § 13 Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanung
- § 14 Behördliche Sanierungsplanung
- § 15 Behördliche Überwachung, Eigenkontrolle
- § 16 Ergänzende Anordnungen zur Altlastensanierung

Vierter Teil

Landwirtschaftliche Bodennutzung

- § 17 Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft

Fünfter Teil

Schlußvorschriften

- § 18 Sachverständige und Untersuchungsstellen
- § 19 Datenübermittlung
- § 20 Anhörung beteiligter Kreise
- § 21 Landesrechtliche Regelungen
- § 22 Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften
- § 23 Landesverteidigung
- § 24 Kosten
- § 25 Wertausgleich
- § 26 Bußgeldvorschriften

Erster Teil

Allgemeine Vorschriften

§ 1

Zweck und Grundsätze des Gesetzes

Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewäs-

serverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden.

§ 2

Begriffsbestimmungen

(1) Boden im Sinne dieses Gesetzes ist die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger der in Absatz 2 genannten Bodenfunktionen ist, einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft), ohne Grundwasser und Gewässerbetten.

(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

1. natürliche Funktionen als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
3. Nutzungsfunktionen als
 - a) Rohstofflagerstätte,
 - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
 - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

(3) Schädliche Bodenveränderungen im Sinne dieses Gesetzes sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

(4) Verdachtsflächen im Sinne dieses Gesetzes sind Grundstücke, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen besteht.

(5) Altlasten im Sinne dieses Gesetzes sind

1. stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (Altablagerungen), und
2. Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstiger Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, ausgenommen Anlagen, deren Stilllegung einer Genehmigung nach dem Atomgesetz bedarf (Altstandorte),

durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

(6) Altlastverdächtige Flächen im Sinne dieses Gesetzes sind Altablagerungen und Altstandorte, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen oder sonstiger Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit besteht.

(7) Sanierung im Sinne dieses Gesetzes sind Maßnahmen

1. zur Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe (Dekontaminationsmaßnahmen),
2. die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern oder vermindern, ohne die Schadstoffe zu beseitigen (Sicherungsmaßnahmen),
3. zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens.

(8) Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen im Sinne dieses Gesetzes sind sonstige Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern, insbesondere Nutzungsbeschränkungen.

§ 3 Anwendungsbereich

(1) Dieses Gesetz findet auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten Anwendung, soweit

1. Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes über das Aufbringen von Abfällen zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger oder Wirtschaftsdünger im Sinne des § 1 des Düngemittelgesetzes und der hierzu auf Grund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes erlassenen Rechtsverordnungen sowie der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912),
2. Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes über die Zulassung und den Betrieb von Abfallbeseitigungsanlagen zur Beseitigung von Abfällen sowie über die Stilllegung von Deponien,
3. Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter,
4. Vorschriften des Düngemittel- und Pflanzenschutzrechts,
5. Vorschriften des Gentechnikgesetzes,
6. Vorschriften des Zweiten Kapitels des Bundeswaldgesetzes und der Forst- und Waldgesetze der Länder,
7. Vorschriften des Flurbereinigungsgesetzes über das Flurbereinigungsgebiet, auch in Verbindung mit dem Landwirtschaftsanpassungsgesetz,
8. Vorschriften über Bau, Änderung, Unterhaltung und Betrieb von Verkehrswegen oder Vorschriften, die den Verkehr regeln,
9. Vorschriften des Bauplanungs- und Bauordnungsrechts,
10. Vorschriften des Bundesberggesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen über die Errichtung und den Betrieb von Anlagen unter Berücksichtigung von Absatz 3
11. Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen über die Errichtung und den Betrieb von Anlagen unter Berücksichtigung von Absatz 3

Einwirkungen auf den Boden nicht regeln.

(2) Dieses Gesetz findet keine Anwendung auf Anlagen, Tätigkeiten, Geräte oder Vorrichtungen, Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe, soweit Rechtsvorschriften den Schutz vor den Gefahren der Kernenergie und der Wirkung ionisierender Strahlen regeln. Dieses Gesetz gilt ferner nicht für das Aufsuchen, Bergen, Befördern, Lagern, Behandeln und Vernichten von Kampfmitteln.

(3) Im Hinblick auf das Schutzgut Boden gelten schädliche Bodenveränderungen im Sinne von § 2 Abs. 3 dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen, soweit sie durch Immissionen verursacht werden, als schädliche Umwelteinwirkungen nach § 3 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, im übrigen als sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen nach § 5 Abs. 1 Nr. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Zur näheren Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Vorsorgepflichten sind die in einer Rechtsverordnung nach § 8 Abs. 2 festgelegten Werte heranzuziehen, sobald in einer Rechtsverordnung oder in einer Verwaltungsvorschrift des Bundes bestimmt worden ist, welche Zusatzbelastungen durch den Betrieb einer Anlage nicht als ursächlicher Beitrag zum Entstehen schädlicher Bodenveränderungen anzusehen sind. In der Rechtsverordnung oder der Verwaltungsvorschrift soll gleichzeitig geregelt werden, daß bei Unterschreitung bestimmter Emissionsmassenströme auch ohne Ermittlung der Zusatzbelastung davon auszugehen ist, daß die Anlage nicht zu schädlichen Bodenveränderungen beiträgt.

Zweiter Teil Grundsätze und Pflichten

§ 4 Pflichten zur Gefahrenabwehr

(1) Jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, daß schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden.

(2) Der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen zu ergreifen.

(3) Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast sowie dessen Gesamtrechtsnachfolger, der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, daß dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern. Soweit dies nicht möglich oder unzumutbar ist, sind sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchzuführen. Zur Sanierung ist auch verpflichtet, wer aus handelsrechtlichem oder gesellschaftsrechtlichem Rechtsgrund für eine juristische Person einzustehen hat, der ein Grundstück, das mit einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast belastet ist, gehört, und wer das Eigentum an einem solchen Grundstück aufgibt.

(4) Bei der Erfüllung der boden- und altlastenbezogenen Pflichten nach den Absätzen 1 bis 3 ist die planungsrechtlich zulässige Nutzung des Grundstücks und das sich daraus ergebende Schutzbedürfnis zu beachten, soweit dies mit dem Schutz der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 genannten Bodenfunktionen zu vereinbaren ist. Fehlen planungsrechtliche Festsetzungen, bestimmt die Prägung des Gebiets unter Berücksichtigung der absehbaren Entwicklung das Schutzbedürfnis. Die bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen bestimmen sich nach dem Wasserrecht.

(5) Sind schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten nach dem 1. März 1999 eingetreten, sind Schadstoffe zu

beseitigen, soweit dies im Hinblick auf die Vorbelastung des Bodens verhältnismäßig ist. Dies gilt für denjenigen nicht, der zum Zeitpunkt der Verursachung auf Grund der Erfüllung der für ihn geltenden gesetzlichen Anforderungen darauf vertraut hat, daß solche Beeinträchtigungen nicht entstehen werden, und sein Vertrauen unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles schutzwürdig ist.

(6) Der frühere Eigentümer eines Grundstücks ist zur Sanierung verpflichtet, wenn er sein Eigentum nach dem 1. März 1999 übertragen hat und die schädliche Bodenveränderung oder Altlast hierbei kannte oder kennen mußte. Dies gilt für denjenigen nicht, der beim Erwerb des Grundstücks darauf vertraut hat, daß schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten nicht vorhanden sind, und sein Vertrauen unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles schutzwürdig ist.

§ 5 Entsiegelung

Soweit die Vorschriften des Baurechts die Befugnisse der Behörden nicht regeln, wird die Bundesregierung ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 20) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Grundstückseigentümer zu verpflichten, bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, deren Versiegelung im Widerspruch zu planungsrechtlichen Festsetzungen steht, den Boden in seiner Leistungsfähigkeit im Sinne von § 1 so weit wie möglich und zumutbar zu erhalten oder wiederherzustellen. Bis zum Inkrafttreten einer Rechtsverordnung nach Satz 1 können durch die nach Landesrecht zuständigen Behörden im Einzelfall gegenüber den nach Satz 1 Verpflichteten Anordnungen zur Entsiegelung getroffen werden, wenn die in Satz 1 im übrigen genannten Voraussetzungen vorliegen.

§ 6 Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden

Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 20) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates zur Erfüllung der sich aus diesem Gesetz ergebenden Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien hinsichtlich der Schadstoffgehalte und sonstiger Eigenschaften, insbesondere

1. Verbote oder Beschränkungen nach Maßgabe von Merkmalen wie Art und Beschaffenheit der Materialien und des Bodens, Aufbringungsort und -zeit und natürliche Standortverhältnisse sowie
2. Untersuchungen der Materialien oder des Bodens, Maßnahmen zur Vorbehandlung dieser Materialien oder geeignete andere Maßnahmen

zu bestimmen.

§ 7 Vorsorgepflicht

Der Grundstückseigentümer, der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück und derjenige, der Einrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen läßt, die zu Veränderungen der Bodenbeschaffenheit führen können, sind verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die durch ihre Nutzung auf dem Grundstück oder in dessen Einwirkungsbereich hervorgerufen werden können. Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen einer Nutzung auf die Bodenfunktionen

die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist. Anordnungen zur Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen dürfen nur getroffen werden, soweit Anforderungen in einer Rechtsverordnung nach § 8 Abs. 2 festgelegt sind. Die Erfüllung der Vorsorgepflicht bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung richtet sich nach § 17 Abs. 1 und 2, für die forstwirtschaftliche Bodennutzung richtet sie sich nach dem Zweiten Kapitel des Bundeswaldgesetzes und den Forst- und Waldgesetzen der Länder. Die Vorsorge für das Grundwasser richtet sich nach wasserrechtlichen Vorschriften. Bei bestehenden Bodenbelastungen bestimmen sich die zu erfüllenden Pflichten nach § 4.

§ 8 Werte und Anforderungen

(1) Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 20) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Vorschriften über die Erfüllung der sich aus § 4 ergebenden boden- und altlastbezogenen Pflichten sowie die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen, schädlichen Bodenveränderungen, altlastverdächtigen Flächen und Altlasten zu erlassen. Hierbei können insbesondere

1. Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt (Prüfwerte),
2. Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind (Maßnahmenwerte),
3. Anforderungen an
 - a) die Abwehr schädlicher Bodenveränderungen; hierzu gehören auch Anforderungen an den Umgang mit ausgehobenem, abgeschobenem und behandeltem Bodenmaterial,
 - b) die Sanierung des Bodens und von Altlasten, insbesondere an
 - die Bestimmung des zu erreichenden Sanierungsziels,
 - den Umfang von Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen, die langfristig eine Ausbreitung von Schadstoffen verhindern, sowie
 - Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

festgelegt werden.

(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 20) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates zur Erfüllung der sich aus § 7 ergebenden Pflichten sowie zur Festlegung von Anforderungen an die damit verbundene Untersuchung und Bewertung von Flächen mit der Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung Vorschriften zu erlassen, insbesondere über

1. Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, daß die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (Vorsorgewerte),
2. zulässige Zusatzbelastungen und Anforderungen zur Vermeidung oder Verminderung von Stoffeinträgen.

(3) Mit den in den Absätzen 1 und 2 genannten Werten sind Verfahren zur Ermittlung von umweltgefährdenden Stoffen in Böden, biologischen und anderen Materialien festzulegen. Diese Verfahren umfassen auch Anforderungen an eine repräsentative Probenahme, Probenbehandlung und Qualitätssicherung einschließlich der Ermittlung der Werte für unterschiedliche Belastungen.

§ 9 Gefährdungsabschätzung und Untersuchungsanordnungen

(1) Liegen der zuständigen Behörde Anhaltspunkte dafür vor, daß eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt, so soll sie zur Ermittlung des Sachverhalts die geeigneten Maßnahmen ergreifen. Werden die in einer Rechtsverordnung nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 festgesetzten Prüfwerte überschritten, soll die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen treffen, um festzustellen, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt. Im Rahmen der Untersuchung und Bewertung sind insbesondere Art und Konzentration der Schadstoffe, die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt und ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die Nutzung des Grundstücks nach § 4 Abs. 4 zu berücksichtigen. Der Grundstückseigentümer und, wenn dieser bekannt ist, auch der Inhaber der tatsächlichen Gewalt sind über die getroffenen Feststellungen und über die Ergebnisse der Bewertung auf Antrag schriftlich zu unterrichten.

(2) Besteht auf Grund konkreter Anhaltspunkte der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast, kann die zuständige Behörde anordnen, daß die in § 4 Abs. 3, 5 und 6 genannten Personen die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen haben. Die zuständige Behörde kann verlangen, daß Untersuchungen von Sachverständigen oder Untersuchungsstellen nach § 18 durchgeführt werden. Sonstige Pflichten zur Mitwirkung der in § 4 Abs. 3, 5 und 6 genannten Personen sowie Duldungspflichten der nach § 12 Betroffenen bestimmen sich nach Landesrecht.

§ 10 Sonstige Anordnungen

(1) Zur Erfüllung der sich aus §§ 4 und 7 und den auf Grund von § 5 Satz 1, §§ 6 und 8 erlassenen Rechtsverordnungen ergebenden Pflichten kann die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen treffen. Werden zur Erfüllung der Verpflichtung aus § 4 Abs. 3 und 6 Sicherungsmaßnahmen angeordnet, kann die zuständige Behörde verlangen, daß der Verpflichtete für die Aufrechterhaltung der Sicherheits- und Überwachungsmaßnahmen in der Zukunft Sicherheit leistet. Anordnungen zur Erfüllung der Pflichten nach § 7 dürfen getroffen werden, soweit Anforderungen in einer Rechtsverordnung festgelegt sind. Die zuständige Behörde darf eine Anordnung nicht treffen, wenn sie auch im Hinblick auf die berechtigten Nutzungsinteressen einzelner unverhältnismäßig wäre.

(2) Trifft die zuständige Behörde gegenüber dem Grundstückseigentümer oder dem Inhaber der tatsächlichen Gewalt zur Erfüllung der Pflichten nach § 4 Anordnungen zur Beschränkung der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung sowie zur Bewirtschaftung von Böden, so hat sie, wenn diese nicht Verursacher der schädlichen Bodenveränderungen sind, für die nach zumutbaren innerbetrieblichen Anpassungsmaßnahmen verbliebenen wirtschaftlichen Nachteile nach Maßgabe des Landesrechts einen angemessenen Ausgleich zu gewähren, wenn die Nutzungsbeschränkung andernfalls zu einer über die damit verbundene

allgemeine Belastung erheblich hinausgehenden besonderen Härte führen würde.

Dritter Teil Ergänzende Vorschriften für Altlasten

§ 11 Erfassung

Die Länder können die Erfassung der Altlasten und altlastverdächtigen Flächen regeln.

§ 12 Information der Betroffenen

Die nach § 9 Abs. 2 Satz 1 zur Untersuchung der Altlast und die nach § 4 Abs. 3, 5 und 6 zur Sanierung der Altlast Verpflichteten haben die Eigentümer der betroffenen Grundstücke, die sonstigen betroffenen Nutzungsberechtigten und die betroffene Nachbarschaft (Betroffenen) von der bevorstehenden Durchführung der geplanten Maßnahmen zu informieren. Die zur Beurteilung der Maßnahmen wesentlichen vorhandenen Unterlagen sind zur Einsichtnahme zur Verfügung zu stellen. Enthalten Unterlagen Geschäfts- oder Betriebsgeheimnisse, muß ihr Inhalt, soweit es ohne Preisgabe des Geheimnisses geschehen kann, so ausführlich dargestellt sein, daß es den Betroffenen möglich ist, die Auswirkungen der Maßnahmen auf ihre Belange zu beurteilen.

§ 13 Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanung

(1) Bei Altlasten, bei denen wegen der Verschiedenartigkeit der nach § 4 erforderlichen Maßnahmen ein abgestimmtes Vorgehen notwendig ist oder von denen auf Grund von Art, Ausbreitung oder Menge der Schadstoffe in besonderem Maße schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, soll die zuständige Behörde von einem nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 zur Sanierung Verpflichteten die notwendigen Untersuchungen zur Entscheidung über Art und Umfang der erforderlichen Maßnahmen (Sanierungsuntersuchungen) sowie die Vorlage eines Sanierungsplans verlangen, der insbesondere

1. eine Zusammenfassung der Gefährdungsabschätzung und der Sanierungsuntersuchungen,
2. Angaben über die bisherige und künftige Nutzung der zu sanierenden Grundstücke,
3. die Darstellung des Sanierungsziels und die hierzu erforderlichen Dekontaminations-, Sicherungs-, Schutz-, Beschränkungs- und Eigenkontrollmaßnahmen sowie die zeitliche Durchführung dieser Maßnahmen

enthält. Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 20) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Vorschriften über die Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen sowie den Inhalt von Sanierungsplänen zu erlassen.

(2) Die zuständige Behörde kann verlangen, daß die Sanierungsuntersuchungen sowie der Sanierungsplan von einem Sachverständigen nach § 18 erstellt werden.

(3) Wer nach Absatz 1 einen Sanierungsplan vorzulegen hat, hat die nach § 12 Betroffenen frühzeitig, in geeigneter Weise und unaufgefordert über die geplanten Maßnahmen zu informieren. § 12 Satz 2 und 3 gilt entsprechend.

(4) Mit dem Sanierungsplan kann der Entwurf eines Sanierungsvertrages über die Ausführung des Planes vorgelegt werden, der die Einbeziehung Dritter vorsehen kann.

(5) Soweit entnommenes Bodenmaterial im Bereich der von der Altlastensanierung betroffenen Fläche wieder eingebracht werden soll, gilt § 27 Abs. 1 Satz 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes nicht, wenn durch einen für verbindlich erklärten Sanierungsplan oder eine Anordnung zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 sichergestellt wird, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

(6) Die zuständige Behörde kann den Plan, auch unter Abänderungen oder mit Nebenbestimmungen, für verbindlich erklären. Ein für verbindlich erklärter Plan schließt andere die Sanierung betreffende behördliche Entscheidungen mit Ausnahme von Zulassungsentscheidungen für Vorhaben, die nach § 3 in Verbindung mit der Anlage zu § 3 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung oder kraft Landesrechts einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen, mit ein, soweit sie im Einvernehmen mit der jeweils zuständigen Behörde erlassen und in dem für verbindlich erklärten Plan die miteingeschlossenen Entscheidungen aufgeführt werden.

§ 14

Behördliche Sanierungsplanung

Die zuständige Behörde kann den Sanierungsplan nach § 13 Abs. 1 selbst erstellen oder ergänzen oder durch einen Sachverständigen nach § 18 erstellen oder ergänzen lassen, wenn

1. der Plan nicht, nicht innerhalb der von der Behörde gesetzten Frist oder fachlich unzureichend erstellt worden ist,
2. ein nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 Verpflichteter nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden kann oder
3. auf Grund der großflächigen Ausdehnung der Altlast, der auf der Altlast beruhenden weiträumigen Verunreinigung eines Gewässers oder auf Grund der Anzahl der nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 Verpflichteten ein koordiniertes Vorgehen erforderlich ist.

§ 13 Abs. 3 bis 6 gilt entsprechend.

§ 15

Behördliche Überwachung, Eigenkontrolle

(1) Altlasten und altlastverdächtige Flächen unterliegen, soweit erforderlich, der Überwachung durch die zuständige Behörde. Bei Altstandorten und Altablagerungen bleibt die Wirksamkeit von behördlichen Zulassungsentscheidungen sowie von nachträglichen Anordnungen durch die Anwendung dieses Gesetzes unberührt.

(2) Liegt eine Altlast vor, so kann die zuständige Behörde von den nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 Verpflichteten, soweit erforderlich, die Durchführung von Eigenkontrollmaßnahmen, insbesondere Boden- und Wasseruntersuchungen sowie die Einrichtung und den Betrieb von Meßstellen verlangen. Die Ergebnisse der Eigenkontrollmaßnahmen sind aufzuzeichnen und fünf Jahre lang aufzubewahren. Die zuständige Behörde kann eine längerfristige Aufbewahrung anordnen, soweit dies im Einzelfall erforderlich ist. Die zuständige Behörde kann Eigenkontrollmaßnahmen auch nach Durchführung von Dekontaminations-, Sicherungs- und Beschränkungsmaßnahmen anordnen. Sie kann verlangen, daß die Eigenkontrollmaßnahmen von einem Sachverständigen nach § 18 durchgeführt werden.

(3) Die Ergebnisse der Eigenkontrollmaßnahmen sind von den nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 Verpflichteten der zuständigen Behörde auf Verlangen mitzuteilen. Sie hat

diese Aufzeichnungen und die Ergebnisse ihrer Überwachungsmaßnahmen fünf Jahre lang aufzubewahren.

§ 16

Ergänzende Anordnungen zur Altlastensanierung

(1) Neben den im Zweiten Teil dieses Gesetzes vorgesehenen Anordnungen kann die zuständige Behörde zur Erfüllung der Pflichten, die sich aus dem Dritten Teil dieses Gesetzes ergeben, die erforderlichen Anordnungen treffen.

(2) Soweit ein für verbindlich erklärter Sanierungsplan im Sinne von § 13 Abs. 6 nicht vorliegt, schließen Anordnungen zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 andere die Sanierung betreffende behördliche Entscheidungen mit Ausnahme von Zulassungsentscheidungen für Vorhaben, die nach § 3 in Verbindung mit der Anlage zu § 3 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung oder kraft Landesrechts einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen, mit ein, soweit sie im Einvernehmen mit der jeweils zuständigen Behörde erlassen und in der Anordnung die miteingeschlossenen Entscheidungen aufgeführt werden.

Vierter Teil

Landwirtschaftliche Bodennutzung

§ 17

Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft

(1) Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht nach § 7 durch die gute fachliche Praxis erfüllt. Die nach Landesrecht zuständigen landwirtschaftlichen Beratungsstellen sollen bei ihrer Beratungstätigkeit die Grundsätze der guten fachlichen Praxis nach Absatz 2 vermitteln.

(2) Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung sind die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört insbesondere, daß

1. die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepaßt zu erfolgen hat,
2. die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird,
3. Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks so weit wie möglich vermieden werden,
4. Bodenabträge durch eine standortangepaßte Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung möglichst vermieden werden,
5. die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, insbesondere Hecken, Feldgehölze, Feldraine und Ackerterrassen, die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden,
6. die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten oder gefördert werden und
7. der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird.

(3) Die Pflichten nach § 4 werden durch die Einhaltung der in § 3 Abs. 1 genannten Vorschriften erfüllt; enthal-

ten diese keine Anforderungen an die Gefahrenabwehr und ergeben sich solche auch nicht aus den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis nach Absatz 2, so gelten die übrigen Bestimmungen dieses Gesetzes.

Fünfter Teil Schlußvorschriften

§ 18

Sachverständige und Untersuchungsstellen

Sachverständige und Untersuchungsstellen, die Aufgaben nach diesem Gesetz wahrnehmen, müssen die für diese Aufgaben erforderliche Sachkunde und Zuverlässigkeit besitzen sowie über die erforderliche gerätetechnische Ausstattung verfügen. Die Länder können Einzelheiten der an Sachverständige und Untersuchungsstellen nach Satz 1 zu stellenden Anforderungen, Art und Umfang der von ihnen wahrzunehmenden Aufgaben, die Vorlage der Ergebnisse ihrer Tätigkeit und die Bekanntgabe von Sachverständigen, welche die Anforderungen nach Satz 1 erfüllen, regeln.

§ 19

Datenübermittlung

(1) Soweit eine Datenübermittlung zwischen Bund und Ländern zur Erfüllung der jeweiligen Aufgaben dieses Gesetzes notwendig ist, werden Umfang, Inhalt und Kosten des gegenseitigen Datenaustausches in einer Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern geregelt. Die Übermittlung personenbezogener Daten ist unzulässig.

(2) Der Bund kann unter Verwendung der von Ländern übermittelten Daten ein länderübergreifendes Bodeninformationssystem für Bundesaufgaben einrichten.

§ 20

Anhörung beteiligter Kreise

Soweit Ermächtigungen zum Erlaß von Rechtsverordnungen die Anhörung der beteiligten Kreise vorschreiben, ist ein jeweils auszuwählender Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Betroffenen, der Wirtschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, der Natur- und Umweltschutzverbände, des archäologischen Denkmalschutzes, der kommunalen Spitzenverbände und der für den Bodenschutz, die Altlasten, die geowissenschaftlichen Belange und die Wasserwirtschaft zuständigen obersten Landesbehörden zu hören. Sollen die in Satz 1 genannten Rechtsvorschriften Regelungen zur land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung enthalten, sind auch die für die Land- und Forstwirtschaft zuständigen obersten Landesbehörden zu hören.

§ 21

Landesrechtliche Regelungen

(1) Zur Ausführung des Zweiten und Dritten Teils dieses Gesetzes können die Länder ergänzende Verfahrensregelungen erlassen.

(2) Die Länder können bestimmen, daß über die im Dritten Teil geregelten altlastverdächtigen Flächen und Altlasten hinaus bestimmte Verdachtsflächen

1. von der zuständigen Behörde zu erfassen und
2. von den Verpflichteten der zuständigen Behörde mitzuteilen sind sowie

daß bei schädlichen Bodenveränderungen, von denen auf Grund von Art, Ausbreitung oder Menge der Schad-

stoffe in besonderem Maße Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen,

1. Sanierungsuntersuchungen sowie die Erstellung von Sanierungsplänen und
2. die Durchführung von Eigenkontrollmaßnahmen

verlangt werden können.

(3) Die Länder können darüber hinaus Gebiete, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind, und die dort zu ergreifenden Maßnahmen bestimmen sowie weitere Regelungen über gebietsbezogene Maßnahmen des Bodenschutzes treffen.

(4) Die Länder können bestimmen, daß für das Gebiet ihres Landes oder für bestimmte Teile des Gebiets Bodeninformationssysteme eingerichtet und geführt werden. Hierbei können insbesondere Daten von Dauerbeobachtungsflächen und Bodenzustandsuntersuchungen über die physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit des Bodens und über die Bodennutzung erfaßt werden. Die Länder können regeln, daß Grundstückseigentümer und Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück zur Duldung von Bodenuntersuchungen verpflichtet werden, die für Bodeninformationssysteme erforderlich sind. Hierbei ist auf die berechtigten Belange dieser Personen Rücksicht zu nehmen und Ersatz für Schäden vorzusehen, die bei Untersuchungen verursacht werden.

§ 22

Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften

(1) Zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften kann die Bundesregierung zu dem in § 1 genannten Zweck mit Zustimmung des Bundesrates Rechtsverordnungen über die Festsetzung der in § 8 Abs. 1 und 2 genannten Werte einschließlich der notwendigen Maßnahmen zur Ermittlung und Überwachung dieser Werte erlassen.

(2) Die in Rechtsverordnungen nach Absatz 1 festgelegten Maßnahmen sind durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen der zuständigen Träger öffentlicher Verwaltungen nach diesem Gesetz oder nach anderen Rechtsvorschriften des Bundes und der Länder durchzusetzen; soweit planungsrechtliche Festlegungen vorgesehen sind, haben die zuständigen Planungsträger zu befinden, ob und inwieweit Planungen in Betracht zu ziehen sind.

§ 23

Landesverteidigung

(1) Das Bundesministerium der Verteidigung kann Ausnahmen von diesem Gesetz und von den auf dieses Gesetz gestützten Rechtsverordnungen zulassen, soweit dies zwingende Gründe der Verteidigung oder die Erfüllung zwischenstaatlicher Verpflichtungen erfordern. Dabei ist der Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen zu berücksichtigen.

(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates zu bestimmen, daß der Vollzug dieses Gesetzes und der auf dieses Gesetz gestützten Rechtsverordnungen im Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung und für die auf Grund völkerrechtlicher Verträge in der Bundesrepublik Deutschland stationierten Streitkräfte dem Bundesministerium der Verteidigung oder den von ihm bestimmten Stellen obliegt.

§ 24 Kosten

(1) Die Kosten der nach § 9 Abs. 2, § 10 Abs. 1, §§ 12, 13, 14 Satz 1 Nr. 1, § 15 Abs. 2 und § 16 Abs. 1 angeordneten Maßnahmen tragen die zur Durchführung Verpflichteten. Bestätigen im Fall des § 9 Abs. 2 Satz 1 die Untersuchungen den Verdacht nicht oder liegen die Voraussetzungen des § 10 Abs. 2 vor, sind den zur Untersuchung Herangezogenen die Kosten zu erstatten, wenn sie die den Verdacht begründenden Umstände nicht zu vertreten haben. In den Fällen des § 14 Satz 1 Nr. 2 und 3 trägt derjenige die Kosten, von dem die Erstellung eines Sanierungsplans hätte verlangt werden können.

(2) Mehrere Verpflichtete haben unabhängig von ihrer Heranziehung untereinander einen Ausgleichsanspruch. Soweit nichts anderes vereinbart wird, hängt die Verpflichtung zum Ausgleich sowie der Umfang des zu leistenden Ausgleichs davon ab, inwieweit die Gefahr oder der Schaden vorwiegend von dem einen oder dem anderen Teil verursacht worden ist; § 426 Abs. 1 Satz 2 des Bürgerlichen Gesetzbuches findet entsprechende Anwendung. Der Ausgleichsanspruch verjährt in drei Jahren. Die Verjährung beginnt nach der Beitreibung der Kosten, wenn eine Behörde Maßnahmen selbst ausführt, im übrigen nach der Beendigung der Maßnahmen durch den Verpflichteten zu dem Zeitpunkt, zu dem der Verpflichtete von der Person des Ersatzpflichtigen Kenntnis erlangt. Der Ausgleichsanspruch verjährt ohne Rücksicht auf diese Kenntnis dreißig Jahre nach der Beendigung der Maßnahmen. Für Streitigkeiten steht der Rechtsweg vor den ordentlichen Gerichten offen.

§ 25 Wertausgleich

(1) Soweit durch den Einsatz öffentlicher Mittel bei Maßnahmen zur Erfüllung der Pflichten nach § 4 der Verkehrswert eines Grundstücks nicht nur unwesentlich erhöht wird und der Eigentümer die Kosten hierfür nicht oder nicht vollständig getragen hat, hat er einen von der zuständigen Behörde festzusetzenden Wertausgleich in Höhe der maßnahmenbedingten Wertsteigerung an den öffentlichen Kostenträger zu leisten. Die Höhe des Ausgleichsbetrages wird durch die Höhe der eingesetzten öffentlichen Mittel begrenzt. Die Pflicht zum Wertausgleich entsteht nicht, soweit hinsichtlich der auf einem Grundstück vorhandenen schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten eine Freistellung von der Verantwortung oder der Kostentragungspflicht nach Artikel 1 § 4 Abs. 3 Satz 1 des Umweltrahmengesetzes vom 29. Juni 1990 (GBl. I Nr. 42 S. 649), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 22. März 1991 (BGBl. I S. 766), in der jeweils geltenden Fassung erfolgt ist. Soweit Maßnahmen im Sinne des Satzes 1 in förmlich festgelegten Sanierungsgebieten oder Entwicklungsbereichen als Ordnungsmaßnahmen von der Gemeinde durchgeführt werden, wird die dadurch bedingte Erhöhung des Verkehrswertes im Rahmen des Ausgleichsbetrags nach § 154 des Baugesetzbuchs abgegolten.

(2) Die durch Sanierungsmaßnahmen bedingte Erhöhung des Verkehrswertes eines Grundstücks besteht aus dem Unterschied zwischen dem Wert, der sich für das Grundstück ergeben würde, wenn die Maßnahmen nicht durchgeführt worden wären (Anfangswert), und dem Verkehrswert, der sich für das Grundstück nach Durchführung der Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen ergibt (Endwert).

(3) Der Ausgleichsbetrag wird fällig, wenn die Sicherung oder Sanierung abgeschlossen und der Betrag von der zuständigen Behörde festgesetzt worden ist. Die Pflicht

zum Wertausgleich erlischt, wenn der Betrag nicht bis zum Ende des vierten Jahres nach Abschluß der Sicherung oder Sanierung festgesetzt worden ist.

(4) Die zuständige Behörde hat von dem Wertausgleich nach Absatz 1 die Aufwendungen abzuziehen, die der Eigentümer für eigene Maßnahmen der Sicherung oder Sanierung oder die er für den Erwerb des Grundstücks im berechtigten Vertrauen darauf verwendet hat, daß keine schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten vorhanden sind. Kann der Eigentümer von Dritten Ersatz erlangen, so ist dies bei der Entscheidung nach Satz 1 zu berücksichtigen.

(5) Im Einzelfall kann von der Festsetzung eines Ausgleichsbetrages ganz oder teilweise abgesehen werden, wenn dies im öffentlichen Interesse oder zur Vermeidung unbilliger Härten geboten ist. Werden dem öffentlichen Kostenträger Kosten der Sicherung oder Sanierung erstattet, so muß insoweit von der Festsetzung des Ausgleichsbetrages abgesehen, ein festgesetzter Ausgleichsbetrag erlassen oder ein bereits geleisteter Ausgleichsbetrag erstattet werden.

(6) Der Ausgleichsbetrag ruht als öffentliche Last auf dem Grundstück. Das Bundesministerium der Justiz wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Art und Weise, wie im Grundbuch auf das Vorhandensein der öffentlichen Last hinzuweisen ist, zu regeln.

§ 26 Bußgeldvorschriften

(1) Ordnungswidrig handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. einer Rechtsverordnung nach § 5 Satz 1, §§ 6, 8 Abs. 1 oder § 22 Abs. 1 oder einer vollziehbaren Anordnung auf Grund einer solchen Rechtsverordnung zuwiderhandelt, soweit die Rechtsverordnung für einen bestimmten Tatbestand auf diese Bußgeldvorschrift verweist,
2. einer vollziehbaren Anordnung nach § 10 Abs. 1 Satz 1 zuwiderhandelt, soweit sie sich auf eine Pflicht nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 bezieht,
3. einer vollziehbaren Anordnung nach § 13 Abs. 1 oder § 15 Abs. 2 Satz 1, 3 oder 4 zuwiderhandelt oder
4. entgegen § 15 Abs. 3 Satz 1 eine Mitteilung nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig macht.

(2) Die Ordnungswidrigkeit kann in den Fällen des Absatzes 1 Nr. 2 mit einer Geldbuße bis zu hunderttausend Deutsche Mark, in den übrigen Fällen mit einer Geldbuße bis zu zwanzigtausend Deutsche Mark geahndet werden.

Artikel 2

Änderung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), geändert durch Gesetz vom 12. September 1996 (BGBl. I S. 1354), wird wie folgt geändert:

1. Dem § 36 Abs. 2 wird folgender Satz 2 angefügt:
"Besteht der Verdacht, daß von einer stillgelegten Deponie nach Absatz 1 schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für

den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, so finden für die Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung die Vorschriften des Bundes-Bodenschutzgesetzes Anwendung."

2. § 40 Abs. 1 Satz 2 wird gestrichen.

Artikel 3

Änderung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 9. Oktober 1996 (BGBl. I S. 1498), wird wie folgt geändert:

1. In § 5 Abs. 3 wird der einleitende Satzteil wie folgt gefaßt:
"Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten, zu betreiben und stillzulegen, daß auch nach einer Betriebseinstellung"
2. In § 17 Abs. 4a werden die Worte "zehn Jahren" durch die Worte "einem Jahr" ersetzt.

Artikel 4

Inkrafttreten

Die Vorschriften dieses Gesetzes, die zum Erlaß von Rechtsverordnungen ermächtigen, sowie Artikel 1 § 20 treten am Tage nach der Verkündung in Kraft. Im übrigen tritt das Gesetz am 1. März 1999 in Kraft.

Anhang 5

<p>Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999</p> <p style="text-align: center;">Inhaltsübersicht</p> <p style="text-align: center;">Erster Teil Allgemeine Vorschriften</p> <p>§ 1 Anwendungsbereich § 2 Begriffsbestimmungen</p> <p style="text-align: center;">Zweiter Teil Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen</p> <p>§ 3 Untersuchung § 4 Bewertung</p> <p style="text-align: center;">Dritter Teil Anforderungen an die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten</p> <p>§ 5 Sanierungsmaßnahmen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen</p> <p style="text-align: center;">Vierter Teil Ergänzende Vorschriften für Altlasten</p> <p>§ 6 Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung</p> <p style="text-align: center;">Fünfter Teil Ausnahmen</p> <p>§ 7 Ausnahmen</p> <p style="text-align: center;">Sechster Teil Ergänzende Vorschriften für die Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser</p> <p>§ 8 Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser</p> <p style="text-align: center;">Siebter Teil Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen</p> <p>§ 9 Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen § 10 Vorsorgeanforderungen § 11 Zulässige Zusatzbelastung § 12 Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden</p> <p style="text-align: center;">Achter Teil Schlußbestimmungen</p> <p>§ 13 Zugänglichkeit von technischen Regeln und Normblättern § 14 Inkrafttreten</p> <p style="text-align: center;">Anhang 1 Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung</p> <p>1. Untersuchungsumfang und erforderlicher Kenntnisstand 1.1 Orientierende Untersuchung 1.2 Detailuntersuchung 2. Probennahme 2.1 Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen 2.1.1 Wirkungspfad Boden - Mensch 2.1.2 Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze 2.1.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser</p>	<p>2.2 Probennahmeplanung Bodenluft 2.3 Probennahmeplanung bei abgeschobenem und ausgehobenem Bodenmaterial 2.4 Probengewinnung 2.4.1 Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien 2.4.2 Bodenluft 2.5 Probenkonservierung, -transport und -lagerung 3. Untersuchungsverfahren 3.1 Untersuchungsverfahren für Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien 3.1.1 Probenauswahl und -vorbehandlung 3.1.2 Extraktion, Elution 3.1.3 Analysenverfahren 3.2 Untersuchung von Bodenluft 3.3 Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags aus Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser 4. Qualitätssicherung 4.1 Probennahme und Probenlagerung 4.2 Probenvorbehandlung und Analytik 5. Abkürzungsverzeichnis 5.1 Maßeinheiten 5.2 Instrumentelle Analytik 5.3 Sonstige Abkürzungen 6. Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden, Bezugsquellen 6.1 Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden 6.2 Bezugsquellen</p> <p style="text-align: center;">Anhang 2 Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte</p> <p>1. Wirkungspfad Boden - Mensch (direkter Kontakt) 1.1 Abgrenzung der Nutzungen 1.2 Maßnahmenwerte 1.3 Anwendung der Maßnahmenwerte 1.4 Prüfwerte 2. Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze 2.1 Abgrenzung der Nutzungen 2.2 Prüf- und Maßnahmenwerte - Ackerbauflächen und Nutzgärten im Hinblick auf die Pflanzenqualität 2.3 Maßnahmenwerte - Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität 2.4 Prüfwerte - Ackerbauflächen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen 2.5 Anwendung der Prüf- und Maßnahmenwerte 3. Wirkungspfad Boden - Grundwasser 3.1 Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden - Grundwasser 3.2 Anwendung der Prüfwerte 4. Vorsorgewerte für Böden 4.1 Vorsorgewerte für Metalle 4.2 Vorsorgewerte für organische Stoffe 4.3 Anwendung der Vorsorgewerte 5. Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade</p> <p style="text-align: center;">Anhang 3 Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen und den Sanierungsplan</p> <p>1. Sanierungsuntersuchungen 2. Sanierungsplan</p> <p style="text-align: center;">Anhang 4 Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Flächen, bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt</p> <p>1. Anwendung 2. Untersuchung und Bewertung</p>
--	---

Erster Teil Allgemeine Vorschriften

§ 1 Anwendungsbereich

Diese Verordnung gilt für

1. die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen, altlastverdächtigen Flächen, schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie für die Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung nach § 8 Abs. 3 und § 9 des Bundes-Bodenschutzgesetzes,
2. Anforderungen an die Gefahrenabwehr durch Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen sowie durch sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nach § 4 Abs. 2 bis 5, § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes,
3. ergänzende Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen und Sanierungspläne bei bestimmten Altlasten nach § 13 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes,
4. Anforderungen zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen nach § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes einschließlich der Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien nach § 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes,
5. die Festlegung von Prüf- und Maßnahmenwerten sowie von Vorsorgewerten einschließlich der zulässigen Zusatzbelastung nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 und 2 und Abs. 2 Nr. 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung sind

1. Bodenmaterial: Material aus Böden im Sinne des § 2 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und deren Ausgangssubstraten einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird;
2. Einwirkungsbereich: Bereich, in dem von einem Grundstück im Sinne des § 2 Abs. 3 bis 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Einwirkungen auf Schutzgüter zu erwarten sind oder in dem durch Einwirkungen auf den Boden die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen hervorgehoben wird;
3. Orientierende Untersuchung: Örtliche Untersuchungen, insbesondere Messungen, auf der Grundlage der Ergebnisse der Erfassung zum Zweck der Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes besteht;
4. Detailuntersuchung: Vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in Boden, Gewässer und Luft sowie der

Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen dient;

5. Sickerwasserprognose: Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone;
6. Schadstoffe: Stoffe und Zubereitungen, die auf Grund ihrer Gesundheitsschädlichkeit, ihrer Langlebigkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden oder auf Grund anderer Eigenschaften und ihrer Konzentration geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen;
7. Expositionsbedingungen: Durch örtliche Gegebenheiten und die Grundstücksnutzung im Einzelfall geprägte Art und Weise, in der Schutzgüter der Wirkung von Schadstoffen ausgesetzt sein können;
8. Wirkungspfad: Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut;
9. Hintergrundgehalt: Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt;
10. Erosionsfläche: Fläche, von der Bodenmaterial mit Oberflächenabfluß abgespült wird;
11. Durchwurzelbare Bodenschicht: Bodenschicht, die von den Pflanzenwurzeln in Abhängigkeit von den natürlichen Standortbedingungen durchdrungen werden kann.

Zweiter Teil Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen

§ 3 Untersuchung

(1) Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Altlast bestehen bei einem Altstandort insbesondere, wenn auf Grundstücken über einen längeren Zeitraum oder in erheblicher Menge mit Schadstoffen umgegangen wurde und die jeweilige Betriebs-, Bewirtschaftungs- oder Verfahrensweise oder Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs nicht unerhebliche Einträge solcher Stoffe in den Boden vermuten lassen. Bei Altablagerungen sind diese Anhaltspunkte insbesondere dann gegeben, wenn die Art des Betriebes oder der Zeitpunkt der Stilllegung den Verdacht nahelegen, daß Abfälle nicht sachgerecht behandelt, gelagert oder abgelagert wurden.

(2) Absatz 1 Satz 1 gilt für schädliche Bodenveränderungen entsprechend. Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung ergeben sich ergänzend zu Absatz 1 insbesondere durch allgemeine oder konkrete Hinweise auf

1. den Eintrag von Schadstoffen über einen längeren Zeitraum und in erheblicher Menge über die Luft oder Gewässer oder durch eine Aufbringung erheblicher

- cher Frachten an Abfällen oder Abwässer auf Böden,
2. eine erhebliche Freisetzung naturbedingt erhöhter Gehalte an Schadstoffen in Böden,
 3. erhöhte Schadstoffgehalte in Nahrungs- oder Futterpflanzen am Standort,
 4. das Austreten von Wasser mit erheblichen Frachten an Schadstoffen aus Böden oder Altablagerungen,
 5. erhebliche Bodenabträge und -ablagerungen durch Wasser oder Wind.

Einzubeziehen sind dabei auch Erkenntnisse auf Grund allgemeiner Untersuchungen oder Erfahrungswerte aus Vergleichssituationen insbesondere zur Ausbreitung von Schadstoffen.

(3) Liegen Anhaltspunkte nach Absatz 1 oder 2 vor, soll die Verdachtsfläche oder altlastverdächtige Fläche nach der Erfassung zunächst einer orientierenden Untersuchung unterzogen werden.

(4) Konkrete Anhaltspunkte, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen (§ 9 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes), liegen in der Regel vor, wenn Untersuchungen eine Überschreitung von Prüfwerten ergeben oder wenn auf Grund einer Bewertung nach § 4 Abs. 3 eine Überschreitung von Prüfwerten zu erwarten ist. Besteht ein hinreichender Verdacht im Sinne des Satzes 1 oder auf Grund sonstiger Feststellungen, soll eine Detailuntersuchung durchgeführt werden.

(5) Bei Detailuntersuchungen soll auch festgestellt werden, ob sich aus räumlich begrenzten Anreicherungen von Schadstoffen innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche Gefahren ergeben und ob und wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Flächen geboten ist. Von einer Detailuntersuchung kann abgesehen werden, wenn die von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten ausgehenden Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen nach Feststellung der zuständigen Behörde mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können.

(6) Soweit auf Grund der örtlichen Gegebenheiten oder nach den Ergebnissen von Bodenluftuntersuchungen Anhaltspunkte für die Ausbreitung von flüchtigen Schadstoffen aus einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche in Gebäude bestehen, soll eine Untersuchung der Innenraumluft erfolgen; die Aufgaben und Befugnisse anderer Behörden bleiben unberührt.

(7) Im Rahmen von Untersuchungsanordnungen nach § 9 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes kommen auch wiederkehrende Untersuchungen der Schadstoffausbreitung und der hierfür maßgebenden Umstände in Betracht.

(8) Die Anforderungen an die Untersuchung von Böden, Bodenmaterial und sonstigen Materialien sowie von Bodenluft, Deponiegas und Sickerwasser bestimmen sich im übrigen nach Anhang 1.

§ 4 Bewertung

(1) Die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen sind nach dieser Verordnung unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalls insbesondere auch anhand von Prüfwerten zu bewerten.

(2) Liegen der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffes unterhalb des jeweiligen Prüfwertes in Anhang 2, ist insoweit der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt. Wird ein Prüfwert nach Anhang 2 Nr. 3 am Ort der Probenahmen überschritten, ist im Einzelfall zu ermitteln, ob die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser am Ort der Beurteilung den Prüfwert übersteigt. Maßnahmen im Sinne des § 2 Abs. 7 oder 8 des Bundes-Bodenschutzgesetzes können bereits dann erforderlich sein, wenn im Einzelfall alle bei der Ableitung eines Prüfwertes nach Anhang 2 angenommenen ungünstigen Umstände zusammentreffen und der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffes geringfügig oberhalb des jeweiligen Prüfwertes in Anhang 2 liegt.

(3) Zur Bewertung der von Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen ausgehenden Gefahren für das Grundwasser ist eine Sickerwasserprognose zu erstellen. Wird eine Sickerwasserprognose auf Untersuchungen nach Anhang 1 Nr. 3.3 gestützt, ist im Einzelfall insbesondere abzuschätzen und zu bewerten, inwieweit zu erwarten ist, daß die Schadstoffkonzentration im Sickerwasser den Prüfwert am Ort der Beurteilung überschreitet. Ort der Beurteilung ist der Bereich des Übergangs von der ungesättigten in die gesättigte Zone.

(4) Die Ergebnisse der Detailuntersuchung sind nach dieser Verordnung unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalls, insbesondere auch anhand von Maßnahmenwerten, daraufhin zu bewerten, inwieweit Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 oder 8 des Bundes-Bodenschutzgesetzes erforderlich sind.

(5) Soweit in dieser Verordnung für einen Schadstoff kein Prüf- oder Maßnahmenwert festgesetzt ist, sind für die Bewertung die zur Ableitung der entsprechenden Werte in Anhang 2 herangezogenen Methoden und Maßstäbe zu beachten. Diese sind im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999 veröffentlicht.

(6) Liegt innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche auf Teilflächen eine von der vorherrschenden Nutzung abweichende empfindlichere Nutzung vor, sind diese Teilflächen nach den für ihre Nutzung jeweils festgesetzten Maßstäben zu bewerten.

(7) Liegen im Einzelfall Erkenntnisse aus Grundwasseruntersuchungen vor, sind diese bei der Bewertung im Hinblick auf Schadstoffeinträge in das Grundwasser zu berücksichtigen. Wenn erhöhte Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und nur lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen in Gewässern erwarten lassen, ist dieser Sachverhalt bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Wasserrechtliche Vorschriften bleiben unberührt.

(8) Eine schädliche Bodenveränderung besteht nicht bei Böden mit naturbedingt erhöhten Gehalten an Schadstoffen allein auf Grund dieser Gehalte, soweit diese Stoffe nicht durch Einwirkungen auf den Boden in erheblichem Umfang freigesetzt wurden oder werden. Bei Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten kann ein Vergleich dieser Gehalte mit den im Einzelfall ermittelten Schadstoffgehalten in die Gefahrenbeurteilung einbezogen werden.

Dritter Teil
Anforderungen an die Sanierung von
schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten

§ 5
Sanierungsmaßnahmen, Schutz- und
Beschränkungsmaßnahmen

(1) Dekontaminationsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie auf technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren beruhen, die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen. Dabei sind auch die Folgen des Eingriffs insbesondere für Böden und Gewässer zu berücksichtigen. Nach Abschluß einer Dekontaminationsmaßnahme ist das Erreichen des Sanierungsziels gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen.

(2) Wenn Schadstoffe nach § 4 Abs. 5 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu beseitigen sind und eine Vorbelastung besteht, sind vom Pflichtigen grundsätzlich die Leistungen zu verlangen, die er ohne Vorbelastung zu erbringen hätte. Die zuvor bestehenden Nutzungsmöglichkeiten des Grundstücks sollen wiederhergestellt werden.

(3) Sicherungsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie gewährleisten, daß durch die im Boden oder in Altlasten verbleibenden Schadstoffe dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierbei ist das Gefahrenpotential der im Boden verbleibenden Schadstoffe und deren Umwandlungsprodukte zu berücksichtigen. Eine nachträgliche Wiederherstellung der Sicherungswirkung im Sinne des Satzes 1 muß möglich sein. Die Wirksamkeit von Sicherungsmaßnahmen ist gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen und dauerhaft zu überwachen.

(4) Als Sicherungsmaßnahme kommt auch eine geeignete Abdeckung schädlich veränderter Böden oder Altlasten mit einer Bodenschicht oder eine Versiegelung in Betracht.

(5) Auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen kommen bei schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten vor allem Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durch Anpassungen der Nutzung und der Bewirtschaftung von Böden sowie Veränderungen der Bodenbeschaffenheit in Betracht. Über die getroffenen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sind Aufzeichnungen zu führen. Mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde ist Einvernehmen herbeizuführen. § 17 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes bleibt unberührt.

(6) Soll abgeschobenes, ausgehobenes oder behandeltes Material im Rahmen der Sanierung im Bereich derselben schädlichen Bodenveränderung oder Altlast oder innerhalb des Gebietes eines für verbindlich erklärten Sanierungsplans wieder auf- oder eingebracht oder umgelagert werden, sind die Anforderungen nach § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu erfüllen.

Vierter Teil
Ergänzende Vorschriften für Altlasten

§ 6
Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung

(1) Bei Sanierungsuntersuchungen ist insbesondere auch zu prüfen, mit welchen Maßnahmen eine Sanie-

rung im Sinne des § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes erreicht werden kann, inwieweit Veränderungen des Bodens nach der Sanierung verbleiben und welche rechtlichen, organisatorischen und finanziellen Gegebenheiten für die Durchführung der Maßnahmen von Bedeutung sind.

(2) Bei der Erstellung eines Sanierungsplans sind die Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes textlich und zeichnerisch vollständig darzustellen. In dem Sanierungsplan ist darzulegen, daß die vorgesehenen Maßnahmen geeignet sind, dauerhaft Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit zu vermeiden. Darzustellen sind insbesondere auch die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Umwelt und die voraussichtlichen Kosten sowie die erforderlichen Zulassungen, auch soweit ein verbindlicher Sanierungsplan nach § 13 Abs. 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes diese nicht einschließen kann.

(3) Die Anforderungen an eine Sanierungsuntersuchung und an einen Sanierungsplan bestimmten sich im übrigen nach Anhang 3.

Fünfter Teil
Ausnahmen

§ 7
Ausnahmen

Auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten, bei denen nach Feststellung der zuständigen Behörde Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können, findet § 6 keine Anwendung.

Sechster Teil
Ergänzende Vorschriften für die Gefahrenabwehr
von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund
von Bodenerosion durch Wasser

§ 8
Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen
auf Grund von Bodenerosion durch Wasser

(1) Von dem Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser ist insbesondere dann auszugehen, wenn

1. durch Oberflächenabfluß erhebliche Mengen Bodenmaterials aus einer Erosionsfläche geschwemmt wurden und
2. weitere Bodenabträge gemäß Nummer 1 zu erwarten sind.

(2) Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser ergeben sich insbesondere, wenn außerhalb der vermeintlichen Erosionsfläche gelegene Bereiche durch abgeschwemmtes Bodenmaterial befrachtet wurden.

(3) Bestehen Anhaltspunkte nach Absatz 2, ist zu ermitteln, ob eine schädliche Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt. Ist feststellbar, auf welche Erosionsfläche die Bodenabschwemmung zurückgeführt werden kann und daß aus dieser erhebliche Mengen Bodenmaterials abgeschwemmt wurden, so ist zu prüfen, ob die Voraussetzungen des Absatzes 1 Nr. 2 erfüllt sind.

(4) Die Bewertung der Ergebnisse der Untersuchungen erfolgt einzelfallbezogen unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Standortes. Weitere Bodenabträge sind zu erwarten, wenn

1. in den zurückliegenden Jahren bereits mehrfach erhebliche Mengen Bodenmaterials aus derselben Erosionsfläche geschwemmt wurden oder
2. sich aus den Standortdaten und den Daten über die langjährigen Niederschlagsverhältnisse des Gebietes ergibt, daß in einem Zeitraum von zehn Jahren mit hinreichender Wahrscheinlichkeit mit dem erneuten Eintritt von Bodenabträgen gemäß Absatz 1 Nr. 1 zu rechnen ist.

(5) Die weiteren Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Flächen, bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt, sind in Anhang 4 bestimmt.

(6) Wird die Erosionsfläche landwirtschaftlich genutzt, ist der zuständigen Beratungsstelle gemäß § 17 des Bundes-Bodenschutzgesetzes die Gelegenheit zu geben, im Rahmen der Beratung geeignete erosionsmindernde Maßnahmen für die Nutzung der Erosionsfläche zu empfehlen. Bei Anordnungen ist Einvernehmen mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde herbeizuführen.

Siebter Teil

Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen

§ 9

Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen

(1) Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen nach § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes ist in der Regel zu besorgen, wenn

1. Schadstoffgehalte im Boden gemessen werden, die die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 überschreiten, oder
2. eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die auf Grund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen. § 17 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes bleibt unberührt.

(2) Bei Böden mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 nur, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge durch die nach § 7 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Verpflichteten nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.

(3) Absatz 2 gilt entsprechend bei Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten.

§ 10

Vorsorgeanforderungen

(1) Sind die Voraussetzungen des § 9 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1, Abs. 2 oder 3 gegeben, hat der nach § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Verpflichtete Vorkehrungen zu treffen, um weitere durch ihn auf dem Grundstück und

dessen Einwirkungsbereich verursachte Schadstoffeinträge zu vermeiden oder wirksam zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist. Dazu gehören auch technische Vorkehrungen an Anlagen oder Verfahren sowie Maßnahmen zur Untersuchung und Überwachung von Böden. Für die Untersuchung gilt Anhang 1 entsprechend.

(2) Einträge von Schadstoffen im Sinne des § 9 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, für die keine Vorsorgewerte festgesetzt sind, sind nach Maßgabe von Absatz 1 soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar zu begrenzen. Dies gilt insbesondere für die Stoffe, die nach § 4a Abs. 1 der Gefahrstoffverordnung als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestuft sind.

§ 11

Zulässige Zusatzbelastung

(1) Werden die in Anhang 2 Nr. 4.1 festgesetzten Vorsorgewerte bei einem Schadstoff überschritten, ist insoweit eine Zusatzbelastung bis zur Höhe der in Anhang 2 Nr. 5 festgesetzten jährlichen Frachten des Schadstoffes zulässig. Dabei sind die Einwirkungen auf den Boden über Luft und Gewässer sowie durch unmittelbare Einträge zu beachten.

(2) Soweit die in Anhang 2 Nr. 5 festgesetzte zulässige Zusatzbelastung bei einem Schadstoff überschritten ist, sind die geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Vorbelastungen im Einzelfall zu berücksichtigen.

(3) Die in Anhang 2 Nr. 5 festgesetzten Frachten bestimmen nicht im Sinne des § 3 Abs. 3 Satz 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes, welche Zusatzbelastungen durch den Betrieb einer Anlage nicht als ursächlicher Beitrag zum Entstehen schädlicher Bodenveränderungen anzusehen sind.

§ 12

Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden

(1) Zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht dürfen in und auf Böden nur Bodenmaterial sowie Baggergut nach DIN 19731 (Ausgabe 5/98) und Gemische von Bodenmaterial mit solchen Abfällen, die die stofflichen Qualitätsanforderungen der nach § 8 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes erlassenen Verordnungen sowie der Klärschlammverordnung erfüllen, auf- und eingebracht werden.

(2) Das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben einschließlich Wiedernutzbarmachung ist zulässig, wenn

- insbesondere nach Art, Menge, Schadstoffgehalten und physikalischen Eigenschaften der Materialien sowie nach den Schadstoffgehalten der Böden am Ort des Auf- oder Einbringens die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen gemäß § 7 Satz 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und § 9 dieser Verordnung nicht hervorgerufen wird und
- mindestens eine der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c des Bundes-Bodenschutzgesetzes genannten Bodenfunktionen nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt wird.

Die Zwischenlagerung und die Umlagerung von Bodenmaterial auf Grundstücken im Rahmen der Errichtung oder des Umbaus von baulichen und betrieblichen Anlagen unterliegen nicht den Regelungen dieses Paragraphen, wenn das Bodenmaterial am Herkunftsort wiederverwendet wird.

(3) Die nach § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Pflichtigen haben vor dem Auf- und Einbringen die notwendigen Untersuchungen der Materialien nach den Vorgaben in Anhang 1 durchzuführen oder zu veranlassen. Die nach § 10 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zuständige Behörde kann weitere Untersuchungen hinsichtlich der Standort- und Bodeneigenschaften anordnen, wenn das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung zu besorgen ist; hierbei sind die Anforderungen nach DIN 19731 (Ausgabe 5/98) zu beachten.

(4) Bei landwirtschaftlicher Folgenutzung sollen im Hinblick auf künftige unvermeidliche Schadstoffeinträge durch Bewirtschaftungsmaßnahmen oder atmosphärische Schadstoffeinträge die Schadstoffgehalte in der entstandenen durchwurzelbaren Bodenschicht 70 Prozent der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 nicht überschreiten.

(5) Beim Aufbringen von Bodenmaterial auf landwirtschaftlich einschließlich gartenbaulich genutzte Böden ist deren Ertragsfähigkeit nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen und darf nicht dauerhaft verringert werden.

(6) Bei der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht für eine landwirtschaftliche Folgenutzung im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben einschließlich Wiedernutzbarmachung soll nach Art, Menge und Schadstoffgehalt geeignetes Bodenmaterial auf- oder eingebracht werden.

(7) Die Nährstoffzufuhr durch das Auf- und Einbringen von Materialien in und auf den Boden ist nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen, um insbesondere Nährstoffeinträge in Gewässer weitestgehend zu vermeiden. DIN 18919 (Ausgabe 09/90) ist zu beachten.

(8) Von dem Auf- und Einbringen von Materialien sollen Böden, welche die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes im besonderen Maße erfüllen, ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für Böden im Wald, in Wasserschutzgebieten nach § 19 Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes, in nach den §§ 13, 14, 14a, 17, 18, 19b und 20c des Bundesnaturschutzgesetzes rechtsverbindlich unter Schutz gestellten Gebieten und Teilen von Natur und Landschaft sowie für die Böden der Kernzonen von Naturschutzgroßprojekten des Bundes von gesamtstaatlicher Bedeutung. Die fachlich zuständigen Behörden können hiervon Abweichungen zulassen, wenn ein Auf- und Einbringen aus forst- oder naturschutzfachlicher Sicht oder zum Schutz des Grundwassers erforderlich ist.

(9) Beim Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden sollen Verdichtungen, Vernässungen und sonstige nachteilige Bodenveränderungen durch geeignete technische Maßnahmen sowie durch Berücksichtigung der Menge und des Zeitpunktes des Aufbringens vermieden werden. Nach Aufbringen von Materialien mit einer Mächtigkeit von mehr als 20 Zentimetern ist auf die Sicherung oder den Aufbau eines stabilen Bodengefüges hinzuwirken. DIN 19731 (Ausgabe 5/98) ist zu beachten.

(10) In Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden ist eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des Gebietes zulässig, wenn die in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c des Bundes-Bodenschutzgesetzes genannten Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und insbesondere die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Die Gebiete erhöhter Schadstoffgehalte können von der zuständigen Behörde festgelegt werden. Dabei kann die zuständige Behörde auch Abweichungen von den Absätzen 3 und 4 zulassen.

(11) § 5 Abs. 6 bleibt unberührt.

(12) Absatz 3 gilt nicht für das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial auf die landwirtschaftliche Nutzfläche nach lokal begrenzten Erosionsereignissen oder zur Rückführung von Bodenmaterial aus der Reinigung landwirtschaftlicher Ernteprodukte.

Achter Teil Schlußbestimmungen

§ 13

Zugänglichkeit von technischen Regeln und Normblättern

(1) Technische Regeln und Normblätter, auf die in dieser Verordnung verwiesen wird, sind beim Deutschen Patentamt archivmäßig gesichert hinterlegt. Die Bezugsquellen sind in Anhang 1 Nr. 6.2 aufgeführt.

(2) Verweisungen auf Entwürfe von technischen Normen in den Anhängen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die zu dem in der Verweisung angegebenen Zeitpunkt veröffentlicht ist.

§ 14

Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am Tage nach der Verkündung in Kraft.

Schlußformel

Der Bundesrat hat zugestimmt.

Anhang 1 **Anforderungen an die Probennahme,** **Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung**

Dieser Anhang findet Anwendung bei der Untersuchung von Böden, Bodenmaterialien und sonstigen Materialien, die im Boden oder auf den Böden von Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen vorkommen, oder zum Auf- und Einbringen vorgesehen sind, sowie von Bodenluft.

Bei altlastverdächtigen Altablagerungen richten sich der Untersuchungsumfang und die Probennahme, insbesondere hinsichtlich der Untersuchungen auf Deponiegas, leichtflüchtige Schadstoffe, abgelagerte Abfälle und des Übergangs von Schadstoffen in das Grundwasser, nach den Erfordernissen des Einzelfalles.

Im Sinne dieses Anhangs ist der Stand von Verfahren und Methoden der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren und Methoden, der ihre praktische Eignung zu den vorstehend genannten Untersuchungen gesichert erscheinen läßt. Erkenntnisse über solche Verfahren und Methoden und über ihre Anwendung werden durch einen ausgewählten Kreis von Fachleuten aus Bund und Ländern sowie der Betroffenen im Benehmen mit den Ländern zusammengestellt, der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit einberufen wird.

1. Untersuchungsumfang und erforderlicher Kenntnisstand

Die Untersuchungen nach § 3 dieser Verordnung beziehen sich auf die Wirkungspfade, für die sich auf Grund der im Einzelfall vorliegenden Informationen der Verdacht einer Gefahr ergibt. Bei der Festlegung des Untersuchungsumfangs sind die Ergebnisse der Erfassung, insbesondere die Kenntnisse oder begründeten Vermutungen über das Vorkommen bestimmter Schadstoffe und deren Verteilung, die gegenwärtige Nutzung und die Nutzung gemäß § 4 Abs. 4 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und die sich daraus ergebenden Schutzbedürfnisse sowie die sonstigen beurteilungserheblichen örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Die E DIN ISO 10381-3: 02.96 ist zu beachten. Zum Arbeitsschutz wird auf die ZH 1/183: 04.97 hingewiesen.

Bei der Untersuchung zum Wirkungspfad Boden - Mensch sind als Nutzungen

- Kinderspielflächen
- Wohngebiete
- Park- und Freizeitanlagen
- Industrie- und Gewerbegrundstücke

und bei der Untersuchung zum Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze die Nutzungen

- Ackerbau, Nutzgarten
- Grünland

zu unterscheiden.

Bei Untersuchungen zum Wirkungspfad Boden - Grundwasser ist nicht nach der Art der Bodennutzung zu unterscheiden.

1.1 Orientierende Untersuchung

Orientierende Untersuchungen von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Altstandorten sollen insbesondere auch auf die Feststellung und die Einschätzung des Umfangs von Teilbereichen mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten ausgerichtet werden.

Bei altlastverdächtigen Altablagerungen sind in der Regel Untersuchungen von Deponiegas und auf leichtflüchtige Schadstoffe sowie Untersuchungen insbesondere auch hinsichtlich des Übergangs von Schadstoffen in das Grundwasser durchzuführen.

Sind bei Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen auf Verlangen der dafür zuständigen Behörde Untersuchungen des Grund- oder Oberflächenwassers durchzuführen, ist dies bei der Festlegung von Umfang und Ablauf der orientierenden Untersuchung für Boden- oder Sickerwasseruntersuchungen zu berücksichtigen.

Kann bei Verdachtsflächen nicht auf vorhandene Bodenkartierungen zurückgegriffen werden oder liegen keine geeigneten bodenbezogenen Informationen vor, soll im Rahmen der orientierenden Untersuchung eine bodenkundliche Kartierung oder Bodenansprache am Ort der Probennahme auf der Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage, berechtigter Nachdruck 1996, in dem Umfang durchgeführt werden, der für die Gefahrenbeurteilung erforderlich ist.

Die Untersuchungsvorschriften für Böden und Bodenmaterialien gelten für die §§ 9, 10 und 12 entsprechend.

1.2 Detailuntersuchung

Bei der Detailuntersuchung sollen neben den unter § 3 Abs. 5 und 6 dieser Verordnung genannten Sachverhalten auch die für die Wirkungspfade maßgeblichen Expositionsbedingungen, insbesondere die für die verschiedenen Wirkungspfade bedeutsamen mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte, geklärt werden. Es soll auch festgestellt werden, ob sich aus räumlich begrenzten Anreicherungen von Schadstoffen innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche Gefahren ergeben und ob und wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Flächen geboten ist.

2. Probennahme

Das Vorgehen bei der Probennahme richtet sich insbesondere nach den im Einzelfall berührten Wirkungspfaden, der Flächengröße, der auf Grund der Erfassungsergebnisse vermuteten vertikalen und horizontalen Schadstoffverteilung sowie der gegenwärtigen, der planungsrechtlich zulässigen und der früheren Nutzung. Dabei sind die unter den Nummern 2.1 bis 2.3 genannten Anforderungen zu beachten. Das Vorgehen bei der Probennahme ist zu begründen und zu dokumentieren. Die Anforderungen des Arbeitsschutzes sind zu beachten.

Untersuchungsflächen sollen für die Probennahme in geeignete Teilflächen gegliedert werden. Die Teilung soll auf Grund eines unterschiedlichen Gefahrenverdachts, einer unterschiedlichen Bodennutzung, der Geländeform oder der Bodenbeschaffenheit sowie von Auffälligkeiten, wie z.B. einer unterschiedlichen Vegetationsentwicklung, oder anhand von Erkenntnissen aus der Erfassung erfolgen.

2.1 Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen

Soll die räumliche Verteilung der Schadstoffe ermittelt werden, ist die zu untersuchende Fläche oder Teilfläche grundsätzlich unter Zuhilfenahme eines Rasters repräsentativ zu beproben. Soweit aus Vorkenntnissen, bei altlastverdächtigen Altstandorten insbesondere nach den Ergebnissen der Erfassung, eine Hypothese über die räumliche Verteilung der Schadstoffe abgeleitet werden kann, ist diese bei der Festlegung der Probennahmestellen und des Rasters zu berücksichtigen. Für die Festlegung von Probennahmestellen können auch Ergebnisse aus einer geeigneten Vor-Ort-Analytik herangezogen werden.

Vermutete Schadstoffanreicherungen sind gezielt zu beproben. Die Beprobung ist, insbesondere hinsichtlich Zahl und räumlicher Anordnung der Probennahmestellen, so vorzunehmen, daß der Gefahrenverdacht geklärt, eine mögliche Gefahr bewertet werden und eine räumliche Abgrenzung von Schadstoffanreicherungen erfolgen kann.

Bei der Festlegung der Beprobungstiefen für die Wirkungspfade Boden - Mensch und Boden - Nutzpflanze sollen für die Untersuchung auf anorganische und schwerflüchtige organische Schadstoffe die in Tabelle 1 genannten Beprobungstiefen zugrundegelegt werden.

Tabelle 1: Nutzungsorientierte Beprobungstiefe bei Untersuchungen zu den Wirkungspfaden Boden – Mensch und Boden – Nutzpflanze

Wirkungspfad	Nutzung	Beprobungstiefe
Boden – Mensch	Kinderspielfläche, Wohngebiet	0–10 cm ¹⁾ 10–35 cm ²⁾
	Park- und Freizeitanlage	0–10 cm ¹⁾
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0–10 cm ¹⁾
Boden - Nutzpflanze	Ackerbau, Nutzgarten	0–30 cm ³⁾ 30–60 cm
	Grünland	0–10 cm ⁴⁾ 10–30 cm

¹⁾ Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfad

²⁾ 0-35 cm: durchschnittliche Mächtigkeit aufgebracht Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe

³⁾ Bearbeitungshorizont

⁴⁾ Hauptwurzelbereich

Böden sind möglichst horizontweise zu beproben. Grundlage für die Ermittlung der Horizontabfolge ist die Bodenkundliche Kartieranleitung der Geologischen Landesämter (AG Bodenkunde, 4. Auflage, 1994). Bis in den Unterboden gestörte Böden sind lagenweise zu beproben (siehe Tabelle 1). Die Lagen- oder Horizontmächtigkeit, die durch Entnahme einer Probe repräsentiert werden kann, beträgt in der Regel 30 cm. Mächtigere Horizonte oder Lagen sind gegebenenfalls zu unterteilen. Ergänzend zur Tabelle 1 ist die Beprobungstiefe zu berücksichtigen, für die bei der nach § 4 Abs. 4 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu berücksichtigenden Nutzung besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen. Die Gründe für abweichende Beprobungstiefen sind zu dokumentieren.

Bei der Probennahme ist hinsichtlich der Wirkungspfade Folgendes zu beachten:

2.1.1 Wirkungspfad Boden - Mensch

Im Rahmen der Festlegung der Probennahmestellen und der Beprobungstiefe sollen auch Ermittlungen zu den im Einzelfall vorliegenden Expositionsbedingungen vorgenommen werden, insbesondere über

- die tatsächliche Nutzung der Fläche (Art, Häufigkeit, Dauer),
- die Zugänglichkeit der Fläche,
- die Versiegelung der Fläche und über den Aufwuchs,
- die Möglichkeit der inhalativen Aufnahme von Bodenpartikeln,
- die Relevanz weiterer Wirkungspfade.

Für die Beurteilung der Gefahren durch die inhalative Aufnahme von Bodenpartikeln sind die obersten zwei Zentimeter des Bodens maßgebend. Inhalativ bedeutsam sind solche Schadstoffe, für die sich der inhalative Pfad nach den Ableitungsmaßstäben gemäß § 4 Abs. 5 dieser Verordnung als ausschlaggebend für die Festlegung des Prüfwertes erwiesen hat. Durch Rückstellproben ist sicherzustellen, daß der Schadstoffgehalt in der für die Staubbildung relevanten Feinkornfraktion bis 63 µm gegebenenfalls getrennt analysiert werden kann.

Ist auf Grund vorliegender Erkenntnisse davon auszugehen, daß die Schadstoffe in der beurteilungsrelevanten Bodenschicht annähernd gleichmäßig über eine Fläche verteilt sind, kann auf Flächen bis 10.000 m² für jeweils 1.000 m², mindestens aber von 3 Teilflächen, eine Mischprobe entnommen werden. Die Mischprobe soll aus 15 bis 25 Einzelproben einer Beprobungstiefe gewonnen werden. Bei Flächen unter 500 m² sowie in Hausgärten oder sonstigen Gärten entsprechender Nutzung kann auf eine Teilung verzichtet werden. Für Flächen über 10.000 m² sollen mindestens jedoch 10 Teilflächen beprobt werden.

2.1.2 Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze

Bei landwirtschaftlich einschließlich gartenbaulich genutzten Böden mit annähernd gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und Schadstoffverteilung soll auf Flächen bis 10 Hektar in der Regel für jeweils 1 Hektar, mindestens aber von 3 Teilflächen eine Mischprobe entsprechend den Beprobungstiefen entnommen werden. Bei Flächen unter 5.000 m² kann auf eine Teilung verzichtet werden. Für Flächen größer 10 Hektar sollen mindestens jedoch 10 Teilflächen beprobt werden. Die Probennahme erfolgt nach den Regeln der Probennahme auf landwirtschaftlich genutzten Böden (E DIN ISO 10381-1: 02.96, E DIN ISO 10381-4: 02.96) durch 15 bis 25 Einzeleinstiche je Teilfläche, die zu jeweils einer Mischprobe vereinigt werden.

In Nutzgärten erfolgt die Probennahme in der Regel durch Entnahme einer grundstücksbezogenen Mischprobe für jede Beprobungstiefe und im übrigen in Anlehnung an die Regeln der Probennahme auf Ackerflächen.

Für die Eignung von Geräten zur Probennahme ist E DIN ISO 10381-2: 02.96 maßgebend.

2.1.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser

Beim Wirkungspfad Boden - Grundwasser ist zur Feststellung der vertikalen Schadstoffverteilung die ungesättigte Bodenzone bis unterhalb einer mutmaßlichen Schadstoffanreicherung oder eines auffälligen Bodenkörpers zu beproben. Die Beprobung erfolgt horizont- oder schichtspezifisch. Im Untergrund dürfen Proben aus Tiefenintervallen bis max. 1 m entnommen werden. In begründeten Fällen ist die Zusammenfassung engräumiger Bodenhorizonte bzw. -schichten bis max. 1 m Tiefenintervall zulässig. Auffälligkeiten sind zu beurteilen und gegebenenfalls gesondert zu beproben. Die Beprobungstiefe soll reduziert werden, wenn erkennbar wird, daß bei Durchbohrung von wasserstauenden Schichten im Untergrund eine hierdurch entstehende Verunreinigung des Grundwassers zu besorgen ist. Ist das Durchbohren von wasserstauenden Schichten erforderlich, sind besondere Sicherungsmaßnahmen zu ergreifen. Für die Eignung von Geräten zur Probennahme ist DIN 4021: 10.90 maßgebend.

2.2 Probennahmeplanung Bodenluft

Die Probennahme erfolgt nach VDI-Richtlinie 3865, Blatt 1 und 2.

2.3 Probennahmeplanung bei abgeschobenem und ausgehobenem Bodenmaterial

Die Probennahme erfolgt in Anlehnung an DIN 52101: 03.88 oder nach DIN EN 932-1: 11.96.

2.4 Probengewinnung

2.4.1 Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien

Die notwendige Probemenge richtet sich gemäß DIN 18123: 11.96 nach dem Größtkorn und muß ausreichen, um nach sachgerechter Probenvorbehandlung die Laboruntersuchung sowie gegebenenfalls die Bereitstellung von Rückstellproben zu gewährleisten. Eine Abstimmung mit der Untersuchungsstelle sollte erfolgen.

Grobmaterialien (Materialien > 2 mm) und Fremdmaterialien, die möglicherweise Schadstoffe enthalten oder denen diese anhaften können, sind aus der gesamten Probemenge zu entnehmen und gesondert der Laboruntersuchung zuzuführen. Ihr Massenanteil an dem beprobten Bodenhorizont bzw. der Schichteinheit ist zu ermitteln und zu dokumentieren.

Zur Entnahme von Boden, Bodenmaterial und sonstigen Materialien sind Verfahren anzuwenden, die in der DIN 4021: 10.90 und E DIN ISO 10381-2: 02.96 aufgeführt sind. Bei der Verfahrensauswahl sind über die in der Norm enthaltenen Angaben hinaus die erforderliche Probenmenge und der Aufbau des Untergrundes zu berücksichtigen.

2.4.2 Bodenluft

Für die Entnahme von Bodenluftproben gilt VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2.

2.5 Probenkonservierung, -transport und -lagerung

Für die Auswahl von Probengefäßen sowie für Probenkonservierung, -transport und -lagerung sind die entsprechenden Regelungen in den Untersuchungsvorschriften nach Nummer 3.1.3, Tabellen 3 bis 7 einzuhalten. Fehlen derartige Regelungen, sind E DIN ISO 10381-1: 02.96 und DIN EN ISO 5667-3: 04.96 zu beachten.

Der Transport der Bodenproben für die Untersuchung organischer Schadstoffe sowie ihre Lagerung erfolgt gemäß E DIN ISO 14507: 02.96.

3. Untersuchungsverfahren

3.1 Untersuchungsverfahren für Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien

3.1.1 Probenauswahl und -vorbehandlung

Im Falle gestufter Untersuchungen ist für den Einzelfall zu entscheiden, in welcher Abfolge im Feld gewonnene Proben zu analysieren sind, und ob ggf. auch eine Zusammenfassung mehrerer Proben zweckmäßig ist. Die Entscheidung und ihre Gründe sind zu dokumentieren.

Die Probenvorbehandlung, einschließlich der Trocknung des Probenmaterials, erfolgt für die Bestimmung physikalisch-chemischer Eigenschaften (Nummer 3.1.3, Tabelle 3) und die Bestimmung anorganischer Schadstoffe (Nummer 3.1.3, Tabelle 4) nach DIN ISO 11464: 12.96. Für organische Schadstoffe ist E DIN ISO 14507: 02.96 anzuwenden.

Ist bei Böden, Bodenmaterial und sonstigen Materialien (insbesondere Schlacken und Bauschutt) eine Auftrennung in Grob- und Feinanteil erforderlich, hat dies über ein Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm in die Fraktionen ≤ 2 mm (Feinanteil) und > 2 mm (Grobanteil) Korndurchmesser zu erfolgen. Verklumpungen sind zu zerkleinern, wobei aber geringstabile Aggregate (z.B. Carbonat-, Eisen-Konkretionen, Bims) möglichst nicht zerbrochen werden sollten. Beide Fraktionen sind zu wägen, zu beschreiben und zu dokumentieren, und deren Trockenmasseanteil ist zu bestimmen. Der Feinanteil ist zu homogenisieren und zu untersuchen. Bestehen Anhaltspunkte für einen erhöhten Schadstoffgehalt der Fraktion > 2 mm, ist diese Fraktion zu gewinnen und nach Vorzerkleinerung und Homogenisierung ebenfalls zu untersuchen. Im Probenmaterial enthaltene Fremdmaterialien sind erforderlichenfalls getrennt zu untersuchen und bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Repräsentative Teile der im Feld entnommenen Proben sind als Rückstellproben aufzubewahren. Art und Umfang der Rückstellung sind nach den Erfordernissen des Einzelfalls zu vereinbaren.

3.1.2 Extraktion, Elution

Königswasserextrakt

Die Bestimmung des Gehaltes an anorganischen Schadstoffen zum Vergleich der Schadstoffaufnahme auf dem Wirkungspfad Boden - Mensch mit den Werten nach Anhang 2 Nummer 1 mit Ausnahme der Cyanide, für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten bezüglich Arsen und Quecksilber nach Anhang 2 Nummer 2.2 und für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Grünland nach Anhang 2 Nummer 2.3 sowie hinsichtlich der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nummer 4.1 erfolgt aus dem Königswasserextrakt nach DIN ISO 11466: 06.97 aus aufgemahlene Proben (Korngröße $< 150 \mu\text{m}$).

Ammoniumnitratextraktion

Der Ammoniumnitratextrakt nach DIN 19730: 06.97 ist zur Ermittlung der Gehalte anorganischer Schadstoffe für die Bewertung der Schadstoffe im Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten im Hinblick auf die Pflanzenqualität bezüglich Cadmium, Blei und Thallium nach Anhang 2 Nummer 2.2 sowie auf Ackerbauflächen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen nach Anhang 2 Nummer 2.4 anzuwenden und kann zur Abschätzung von anorganischen Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser nach Nummer 3.3 dieses Anhangs eingesetzt werden.

Extraktion organischer Schadstoffe

Die Bestimmung des Gehaltes an organischen Schadstoffen zum Vergleich der Schadstoffaufnahme auf dem Wirkungspfad Boden - Mensch mit den Werten nach Anhang 2 Nummer 1.2 sowie hinsichtlich der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nummer 4.2 erfolgt aus den in Nummer 3.1.3, Tabelle 5 angegebenen Bodenextrakten. Sollen andere Verfahren angewendet werden, ist dies zu begründen und nachzuweisen, daß deren Ergebnisse mit den Ergebnissen der oben angegebenen Verfahren gleichwertig oder vergleichbar sind.

Elution mit Wasser

Für die Herstellung von Eluaten mit Wasser zur Abschätzung von Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser nach Nummer 3.3 dieses Anhangs sind die in Tabelle 2 angegebenen Verfahren anzuwenden.

Tabelle 2: Verfahren zur Herstellung von Eluaten mit Wasser

Verfahren	Verfahrenshinweise	Methode
anorganische Stoffe		
Bodensättigungsextrakt	Verfahren siehe (1)	
Elution mit Wasser	<ul style="list-style-type: none"> – Probenmasse unter Berücksichtigung der Trockenmasse nach DIN 38414-2: 11.85 bzw. nach DIN ISO 11465: 12.96 – Filtration siehe (2) 	DIN 38414-4: 10.84
organische Stoffe		
Säulen- oder Lysimeterversuch	Die zu erwartende Geschwindigkeit, mit der sich stoffspezifisch die Gleichgewichtskonzentration einstellt, ist zu beachten.	

(1) Gewinnung des Bodensättigungsextraktes:

Zur Vorbereitung wird der Bodenprobe in einem Polyethylen-Gefäß langsam soviel bidestilliertes Wasser zugegeben, daß sie vollständig durchfeuchtet ist. Die benötigte Menge an Wasser zur Vorbefeuchtung ist bodenartabhängig und sollte ungefähr der Feldkapazität entsprechen. Bei sandigen Proben wird von ca. 25 %, bei lehmig/schluffigen Proben von ca. 35 % und bei tonigen Proben von ca. 40 % der Einwaage luftgetrockenen Bodens ausgegangen. Die zugegebene Wassermenge ist gravimetrisch zu erfassen und zu notieren. Die Probe wird gut vermischt und unter Verdunstungsschutz 24 h bei 5 °C stehen gelassen.

Zur Herstellung des Bodensättigungsextrakts wird das vorbereitete Bodenmaterial in Zentrifugenbecher überführt. Bidestilliertes Wasser wird unter ständigem Rühren langsam zugegeben, bis die Fließgrenze erreicht ist (Bildung einer glänzenden Oberfläche und Zerfließen einer Spachtelkerbe). Bei tonigen Proben muß 15 min bis zum Abschluß der Quellung gewartet und gegebenenfalls Wasser nachgegeben werden. Die zugegebene Wassermenge wird gravimetrisch erfaßt und die Bodenpaste mit einem Glasstab verrührt. Die Bodenpaste ist zur Gleichgewichtseinstellung 24 h im Kühlschrank oder -raum bei 5 °C unter Verdunstungsschutz aufzubewahren.

Aus der Einwaage luftgetrockenen Bodens und zweimaliger Wasserzugabe wird das Boden/Wasser-Verhältnis berechnet. Dabei ist der Wassergehalt der luftgetrockenen Probe an einem Aliquot separat zu erfassen (Trocknung bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz) und rechnerisch zu berücksichtigen.

Zur Gewinnung der Gleichgewichtsbodenlösung erfolgt die Zentrifugation in einer Kühlzentrifuge für 30 min. Die überstehende Lösung wird dekantiert und zur Abtrennung suspendierter Partikel in zuvor gewogene Polyethylen-Weithalsflaschen mittels Unterdruck membranfiltriert. Die Filtratmenge ist gravimetrisch zu bestimmen. Die Lösungen sind durch Zugabe von 10 Volumenanteilen Salpetersäure ($c = 5 \text{ mol/l}$) zu stabilisieren, wobei die Säurezugabe bei der Auswertung von Meßergebnissen und der Erstellung von Kalibrierlösungen zu berücksichtigen ist.

(2) Filtrationsschritt:

Verwendet wird eine Druckfiltrationseinheit für Membranfilter (142 mm Durchmesser, medienführende Teile aus PTFE) mit einem Membranfilter mit 0,45 µm Porenweite. Bei Nutzung abweichender Geräte ist das zu filtrierende Volumen entsprechend der Filterfläche zu verändern; das Verhältnis von filtrierendem Volumen und Filterfläche ist einzuhalten.

Nach dem Schütteln ist die Suspension ca. 15 min zur Sedimentation der größeren Partikel stehenzulassen. Die überstehende Flüssigkeit ist im Zentrifugenbecher weitestgehend zu dekantieren. Die Zentrifugation erfolgt für 30 min mit 2.000 g. Danach erfolgt das weitestgehend vollständige Dekantieren der überstehenden Flüssigkeit in die Membrandruckfiltrationsapparatur. Nach 5 min druckloser Filtration wird zur Beschleunigung der Filtration ein Druck von 1 bar angelegt. Haben nach 15 min weniger als zwei Drittel des Eluats das Filter passiert, wird der Druck auf 2 bar erhöht. Falls erforderlich, wird der Druck nach weiteren 30 min auf 3,5 bar erhöht. Die Filtration wird solange fortgesetzt, bis der gesamte Überstand der Zentrifugation das Filter passiert hat. Ist die Filtration nach 120 min noch unvollständig, wird sie abgebrochen und mit dem unvollständigen Filtrat weitergearbeitet.

3.1.3 Analysenverfahren**Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien**

Die Analyse von Böden, Bodenmaterial und gegebenenfalls von sonstigen Materialien ist nach den in den Tabellen 3 bis 5 aufgeführten Untersuchungsverfahren auszuführen.

Sollen unter Nennung der Gründe andere Verfahren angewendet werden, ist nachzuweisen und zu dokumentieren, daß deren Ergebnisse mit den Ergebnissen der in den Tabellen 3 bis 5 angegebenen Verfahren gleichwertig oder vergleichbar sind. Inwieweit einzelne Verfahren insbesondere auch unter den unter Nummer 4.2 genannten Gesichtspunkten anwendbar sind, ist im Einzelfall zu prüfen. Die Schadstoffgehalte sind auf Trockenmasse (105 °C) zu beziehen. Sie müssen in der gleichen Einheit wie die entsprechenden Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte in Anhang 2 angegeben werden.

Tabelle 3: Analyse physikalisch-chemischer Eigenschaften

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Bestimmung der Trockenmasse	feldfrische oder luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 11 465: 12.96
Organischer Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung	luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 10 694: 08.96
pH-Wert (CaCl ₂)	Suspension der feldfrischen oder luftgetrockneten Bodenprobe in CaCl ₂ -Lösung; c(CaCl ₂): 0,01 mol/l	DIN ISO 10 390: 05.97
Korngrößenverteilung	1) "Fingerprobe" im Gelände*	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, 1994, DIN 19 682-2: 04.97
	2) Siebung, Dispergierung, Pipett-Analyse*	E DIN ISO 11 277: 06.94 DIN 19 683-2: 04.97
	3) Siebung, Dispergierung, Aräometermethode	DIN 18 123: 11.96 E DIN ISO 11 277: 06.94
Rohdichte	Trocknung einer volumengerecht entnommenen Bodenprobe bei 105°C, rückwiegen	E DIN ISO 11 272: 01.94 DIN 19 683-12: 04.73

* Empfohlene Methoden

Tabelle 4: Analyse anorganischer Schadstoffgehalte

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	AAS	E DIN ISO 11 047: 06.95
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	ICP-AES (ICP-MS möglich) Berücksichtigung von spektralen Störungen bei hohen Matrixkonzentrationen erforderlich	DIN EN ISO 11 885: 04.98
Arsen (As)	ET-AAS	In Analogie zu E DIN ISO 11 047: 06.95
	Hydrid-AAS	DIN EN ISO 11 969: 11.96
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik Bei der Probenvorbereitung darf die Trocknungstemperatur 40 °C nicht überschreiten.	DIN EN 1483: 08.97 Reduktion mit Zinn(II)-chlorid oder NaBH ₄
Chrom (VI)	1) Extraktion mit phosphatgepuffertem Aluminiumsulfatlösung	Spektralphotometrie DIN 19 734: 01.99
	2) Elution mit Wasser, Abtrennung von Cr(III), Bestimmung von löslichem Cr(VI) in Böden	DIN 38 405-24: 05.87
Cyanide		E DIN ISO 11262: 06.94

Tabelle 5: Analyse organischer Schadstoffgehalte

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK): 16 PAK (EPA) Benzo(a)pyren	1) Soxhlet-Extraktion mit Toluol, chromatographisches Clean-up; Quantifizierung mittels GC-MS*	Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994*
	2) Extraktion mit Tetrahydrofuran oder Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC-UV/DAD/F*	Merkblatt Nr. 1 des LUA -NRW, 1994*
	3) Extraktion mit Aceton, Zugabe von Petrolether, Entfernung des Acetons, chromatographische Reinigung des Petroletherextraktes, Aufnahme in Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC-UV/DAD/F	E DIN ISO 13 877: 06.95
	4) Extraktion mit einem Wasser/ Aceton/ Petrolether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-MS oder HPLC-UV/DAD/F	VDLUFA-Methodenbuch, Band VII; Handbuch Altlasten Bd. 7, LfU HE
Hexachlorbenzol	Extraktion mit Aceton/Cyclohexan-Gemisch oder Aceton/Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernen des Acetons; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 10 382: 02.98
Pentachlorphenol	Soxhlet-Extraktion mit Heptan oder Aceton/Heptan (50:50); Derivatisierung mit Essigsäureanhydrid; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 14 154: 10.97

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Aldrin, DDT, HCH- Gemisch	1) Extraktion mit Petrolether oder Aceton/Petrolether-Gemisch, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS* 2) Extraktion mit Wasser/Aceton/ Petrolether-Gemisch; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 10 382: 02.98* VDLUFA-Methodenbuch, Band VII
Polychlorierte Biphenyle (PCB): 6 PCB-Kongenerne (Nr. 28, 52, 101,138, 153, 180 nach Ballschmiter)	1) Extraktion mit Heptan oder Aceton/Petrolether, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich) 2) Soxhlet-Extraktion mit Heptan, Hexan oder Pentan, chromatographische Reinigung an AgNO ₃ / Kieselgelsäule; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich) 3) Extraktion mit einem Wasser/Aceton/ Petrolether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich)	E DIN ISO 10 382: 02.98 DIN 38 414-20: 01.96 VDLUFA-Methodenbuch, Band VII
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane	Soxhlet-Extraktion gefriergetrockneter Proben mit Toluol, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-MS	nach Klärschlammverordnung unter Beachtung von DIN 384141-24: 04.98, VDI-Richtlinie 3499, Blatt1: 03.90

* Empfohlene Methoden

Eluate und Sickerwasser

Die analytische Bestimmung der anorganischen Stoffkonzentrationen in Eluaten und Sickerwasser ist nach den in Tabelle 6 aufgeführten Analyseverfahren durchzuführen, die Bestimmung der organischen Stoffkonzentrationen im Sickerwasser erfolgt nach den in Tabelle 7 genannten Methoden.

Sollen unter Nennung der Gründe andere Verfahren angewendet werden, ist nachzuweisen, daß deren Ergebnisse mit den Ergebnissen der in Tabelle 6 und 7 angegebenen Verfahren gleichwertig oder vergleichbar sind.

Tabelle 6: Bestimmung der Konzentration anorganischer Schadstoffe in Eluaten und Sickerwasser

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, Zn	ICP-AES (ICP-MS möglich)	Auf der Grundlage DIN EN ISO 11 885: 04.98 ¹⁾
Arsen (As), Antimon (Sb)	Hydrid-AAS	DIN EN ISO 11 969: 11.96
Blei (Pb)	AAS	DIN 38 406-6: 07.98
Cadmium (Cd)	AAS	DIN EN ISO 5961: 05.95
Chrom (Cr), gesamt	AAS	DIN EN 1233: 08.96
Chrom (Cr VI)	Spektralphotometrie Ionenchromatographie	DIN 38 405-24: 05.87 DIN EN ISO 10 304-3: 11.97
Cobalt (Co)	AAS	DIN 38 406-24: 03.93
Kupfer (Cu)	AAS	DIN 38 406-7: 09.91
Nickel (Ni)	AAS	DIN 38 406-11: 09.91
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik	DIN EN 1483: 08.97
Selen (Se)	AAS	DIN 38 405-23: 10.94
Zink (Zn)	AAS	DIN 38 406-8: 10.80
Cyanid (CN-), gesamt	Spektralphotometrie	DIN 38 405-13: 02.81 E DIN EN ISO 14 403: 05.98
Cyanid (CN-), leicht freisetzbar	Spektralphotometrie	DIN 38 405-13: 02.81
Fluorid (F-)	Fluoridsensitive Elektrode Ionenchromatographie	DIN 38 405-4: 07.85 DIN EN ISO 10 304-1: 04.95

¹⁾ Durch geeignete Maßnahmen oder eine geeignete gerätetechnische Ausstattung ist die Bestimmungsgrenze dem Untersuchungsziel anzupassen.

Tabelle 7: Bestimmung der Konzentration organischer Schadstoffe im Bodensickerwasser

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Benzol	GC-FID	DIN 38 407-9: 05.91 ¹⁾
BTEX	GC-FID, Matrixbelastung beachten	DIN 38 407-9: 05.91
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	GC-ECD	DIN EN ISO 10 301: 08.97
Aldrin	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38 407-2: 02.93
DDT	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38 407-2: 02.93
Phenole	GC-ECD	ISO/ DIS 8165-2: 01.97
Chlorphenole	GC-ECD oder GC-MS	ISO/ DIS 8165-2: 01.97
Chlorbenzole	GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38 407-2: 02.93
PCB, gesamt	GC-ECD	DIN EN ISO 6468: 02.97 DIN 51 527-1: 05.87
	GC-ECD oder GC-MS	DIN 38 407-3: 07.98
PAK, gesamt	HPLC-F	DIN 38 407-8: 10.95
Naphthalin	GC-FID oder GC-MS	DIN 38 407-9: 05.91
Mineralölkohlenwasserstoffe	Extraktion mit Petrolether, gaschromatographische Quantifizierung	nach ISO/TR 11046: 06.94

¹⁾ Anpassung der Bestimmungsgrenze erforderlich

3.2 Untersuchung von Bodenluft

Die Untersuchung von Bodenluft erfolgt nach VDI-Richtlinie 3865 Blatt 2 und 3.

3.3 Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags aus Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser

Die Stoffkonzentrationen und -frachten im Sickerwasser und der Schadstoffeintrag in das Grundwasser im Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone (Ort der Beurteilung) können abgeschätzt werden, es sei denn, günstige Umstände ermöglichen eine repräsentative Beprobung von Sickerwasser am Ort der Beurteilung.

Diese Abschätzung kann annäherungsweise

- durch Rückschlüsse oder Rückrechnungen aus Untersuchungen im Grundwasserabstrom unter Berücksichtigung der Stoffkonzentration im Grundwasseranstrom, der Verdünnung, des Schadstoffverhaltens in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone sowie des Schadstoffinventars im Boden,
- auf der Grundlage von In-situ-Untersuchungen oder
- auf der Grundlage von Materialuntersuchungen im Labor (Elution, Extraktion), bei anorganischen Stoffen insbesondere der Elution mit Wasser, gemäß Tabelle 2

auch unter Anwendung von Stofftransportmodellen erfolgen.

Die Stoffkonzentrationen im Sickerwasser können am Ort der Probennahme

- für anorganische Schadstoffe mit den Ergebnissen des Bodensättigungsextraktes ansatzweise gleichgesetzt werden; Abschätzungen unter Heranziehung von Analyseergebnissen nach Tabelle 6 und anderer Elutionsverfahren (z.B. DIN 19730 oder DIN 38414-4) sind zulässig, wenn die Gleichwertigkeit der Ergebnisse insbesondere durch Bezug dieser Ergebnisse auf den Bodensättigungsextrakt sichergestellt ist; Ergebnisse nach DIN 38414-4: 10.84 können nur verwendet werden, wenn die Filtration nach Nummer 3.1.2 dieser Verordnung durchgeführt wurde;
- für organische Stoffe aus Säulenversuchen der entnommenen Proben unter Beachtung der Standortbedingungen am Entnahmeort, insbesondere im Hinblick auf die Kontaktzeit, mit Verfahren nach Tabelle 7 ermittelt werden.

Die Analyseergebnisse der Untersuchung von Sickerwasser, Grundwasser, Extrakten und Eluaten sowie von Bodenproben sind mit dem jeweiligen Untersuchungsverfahren anzugeben. Die darauf beruhende Abschätzung der Sickerwasserbeschaffenheit und -frachten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone ist im einzelnen darzulegen und zu begründen.

Für die Abschätzung sind insbesondere Verfahren heranzuziehen, die mit Erfolg bei praktischen Fragestellungen angewendet worden sind. Hierzu sind im Einzelfall gutachterliche Feststellungen zu treffen.

Ergänzend sind folgende Anwendungshinweise zu beachten:

Wenn im Einzelfall einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ein Zutritt von sauren Sickerwässern, ein Zutritt von Lösevermittlern bzw. eine Änderung des Redoxpotentials zu erwarten ist, sollten entsprechende weitere Extraktionsverfahren angewendet werden.

Bei der Abschätzung des Schadstoffeintrags im Übergangsbereich von der ungesättigten zur gesättigten Zone ist insbesondere die Abbau- und Rückhaltungswirkung der ungesättigten Zone zu berücksichtigen. Hierbei sind vor allem folgende Kriterien maßgebend:

- Grundwasserflurabstand,
- Bodenart,
- Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt),
- pH-Wert,
- Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate,
- Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe.

Der Einfluß dieser Faktoren auf die Stoffrückhaltung in der ungesättigten Zone wird auf Grund allgemein vorliegender wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen für den jeweiligen Standort abgeschätzt. Auch der Einsatz von Stofftransportmodellen kann zweckmäßig sein.

Bei direkter Beprobung und Untersuchung von Sickerwasser ist bei der Bewertung der gemessenen Stoffkonzentrationen deren witterungsbedingte Dynamik zu berücksichtigen.

4. Qualitätssicherung

4.1 Probennahme und Probenlagerung

Die Festlegung der Probennahmestellen und der Beprobungstiefen sowie die Probennahme sind durch hierfür qualifiziertes Personal durchzuführen.

Probennahme, Probentransport und Probenlagerung haben so zu erfolgen, daß eine Beeinflussung der chemischen, physikalischen und biologischen Beschaffenheit des Probenmaterials durch Arbeitsverfahren und/oder -materialien sowie aus Lagerungsbedingungen so weit wie möglich ausgeschlossen wird.

Die Probennahme ist zu dokumentieren. Die Dokumentation soll alle für die Laboruntersuchung und die Auswertung der Untersuchungsergebnisse relevanten Informationen enthalten, insbesondere Angaben zu

- Probennahmezeitpunkt, Probennehmer,
- der Lage der Untersuchungsfläche und der Probennahmepunkte,
- Flächenbezeichnung,
- Beprobungstiefe,
- Bodenhorizonten, gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996,
- Schichtenverzeichnis,
- Entnahmeverfahren,
- ehemaliger und gegenwärtiger Flächennutzung, Vorkenntnissen zu Kontaminationen.

Bestehende Normen, Regelungen der Länder und fachliche Regeln zur Qualitätssicherung sind zu beachten.

4.2 Probenvorbehandlung und Analytik

Es sind geeignete interne und externe Qualitätssicherungsmaßnahmen, insbesondere hinsichtlich der Reproduzierbarkeit (Präzision) und Richtigkeit der Untersuchungsergebnisse, durchzuführen, zu überwachen und zu dokumentieren.

Interne Qualitätssicherungsmaßnahmen sind insbesondere:

- die Durchführung von unabhängigen Mehrfachbestimmungen,
- die Kalibrierung von Meß- und Prüfmitteln,
- der Einsatz zertifizierter und/oder laborinterner Referenzmaterialien zur Qualitätskontrolle von Reproduzierbarkeit und Richtigkeit,
- Plausibilitätskontrolle der Untersuchungsergebnisse.

Externe Qualitätssicherungsmaßnahmen sind insbesondere:

- die erfolgreiche Teilnahme an Vergleichsprüfungen, insbesondere Ringversuche,
- Kompetenzbestätigung gemäß DIN EN 45001: 05.90.

Für die angewendeten Untersuchungsverfahren sind die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen nach DIN 32645: 05.94 anzugeben. Das Bestimmungsverfahren ist so auszuwählen, daß auf Grund der Bestimmungsgrenze die Über- und Unterschreitung der entsprechenden Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte nach Anhang 2 sicher beurteilt werden kann. Die angewendeten Bestimmungsverfahren sind zu dokumentieren.

Für das Analysenergebnis ist eine Meßunsicherheit gemäß DIN 1319-3: 05.96 und/oder DIN 1319-4: 12.85 anzugeben.

5. Abkürzungsverzeichnis

5.1 Maßeinheiten

1 ng (Nanogramm)	=	10^{-9} g	= 0,000 000 001 Gramm
1 µg (Mikrogramm)	=	10^{-6} g	= 0,000 001 Gramm
1 mg (Milligramm)	=	10^{-3} g	= 0,001 Gramm
1 kg (Kilogramm)	=	10^3 g	= 1.000 Gramm
1 µm (Mikrometer)	=	10^{-6} m	= 0,000 001 Meter
1 mm (Millimeter)	=	10^{-3} m	= 0,001 Meter
1 cm (Zentimeter)	=	10^{-2} m	= 0,01 Meter
1 ha (Hektar)	=	10^4 m ²	= 10.000 Quadratmeter

°C - Grad Celsius

5.2 Instrumentelle Analytik

AAS	- Atomabsorptionsspektrometrie
ET AAS	- Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermaler Anregung
ICP-AES	- Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
GC	- Gaschromatographie
HPLC	- Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
Detektoren (GC, HPLC):	
DAD	- Dioden-Array-Detektor
ECD	- Elektroneneinfangdetektor
FID	- Flammenionisationsdetektor
F	- Fluoreszenzdetektor
UV	- Ultraviolett-Detektor
MS	- Massenspektrometer

5.3 Sonstige Abkürzungen

TM	- Trockenmasse
I-TEq	- Internationale Toxizitätsäquivalente
PTFE	- Polytetrafluorethylen

6 PCB-Kongonere (PCB₆) nach Ballschmiter:

Nr. 28:	2,4,4'	Trichlorbiphenyl
Nr. 52:	2,2',5,5'	Tetrachlorbiphenyl
Nr. 101:	2,2',4,5,5'	Pentachlorbiphenyl
Nr. 138:	2,2',3,4,4',5'	Hexachlorbiphenyl
Nr. 153:	2,2',4,4',5,5'	Hexachlorbiphenyl
Nr. 180:	2,2',3,4,4',5,5'	Heptachlorbiphenyl

16 PAK (EPA):

Naphthalin
 Acenaphthylen
 Acenaphthen
 Fluoren
 Phenanthren
 Anthracen
 Fluoranthren
 Pyren
 Benz(a)anthracen
 Chrysen
 Benzo(b)fluoranthren
 Benzo(k)fluoranthren
 Benzo(a)pyren
 Dibenz(a,h)anthracen
 Indeno(1,2,3-cd)pyren
 Benzo(g,h,i)perylen

6. Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden, Bezugsquellen

6.1 Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden

E DIN ISO 10381 - 1: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen (ISO/DIS 10381 - 1: 1995)

E DIN ISO 10381 - 2: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren (ISO/DIS 10381 - 2: 1995)

E DIN ISO 10381 - 3: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Sicherheit (ISO/DIS 10381 - 3: 1995)

E DIN ISO 10381 - 4: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten (ISO/DIS 10381 - 4: 1995)

E DIN ISO 10382: 02.98

Bodenbeschaffenheit - Gaschromatographische Bestimmung des Gehaltes an polychlorierten Biphenylen (PCB) und Organopestiziden (OCP) (ISO/CD 10382: 1995)

DIN ISO 10390: 05.97

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes (ISO 10390: 1994)

DIN ISO 10694: 08.96

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse) (ISO 10694: 1995)

ISO/TR 11046: 06.94

Soil quality - Determination of mineral oil content - Methods by infrared spectrometry and gas chromatographic method

E DIN ISO 11047: 06.95

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink - Flammen- und elektrothermisches atomabsorptionsspektrometrisches Verfahren (ISO/DIS 11047)

E DIN ISO 11262: 06.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cyaniden

E DIN ISO 11272: 01.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Trockenrohddichte (ISO/DIS 11272: 1992)

E DIN ISO 11277: 06.94

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden - Verfahren durch Sieben und Sedimentation nach Entfernen der löslichen Salze, der organischen Substanz und der Carbonate (ISO/DIS 11277: 1994)

DIN ISO 11464: 12.96

Bodenbeschaffenheit - Probenvorbehandlung für physikalisch-chemische Untersuchungen (ISO/DIS 11464: 1994)

DIN ISO 11465: 12.96

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts auf Grundlage der Masse - Gravimetrisches Verfahren (ISO 11465: 1993)

DIN ISO 11466: 06.97

Bodenbeschaffenheit - Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente (ISO 11466: 1995)

E DIN ISO 13877: 06.95

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) - Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) Verfahren (ISO/DIS 13877)

E DIN ISO 14154: 10.97

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Chlorphenolen in Böden - Gaschromatographisches Verfahren (ISO/CD 14154: 1997)

E DIN ISO 14507: 02.96

Bodenbeschaffenheit - Probenvorbehandlung für die Bestimmung von organischen Verunreinigungen in Böden (ISO/DIS 14507)

DIN 19730: 06.97

Bodenbeschaffenheit - Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung

DIN 19731: 05.98

Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial

DIN 19734: 01.99

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom(VI) in phosphatgepufferter Lösung

DIN 19682 - 2: 04.97

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Felduntersuchungen - Teil 2: Bestimmung der Bodenart

DIN 19683 - 2: 04.97

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat

DIN 19683 - 12: 04.73

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Rohdichte

DIN EN 1233: 08.96

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom - Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie; Deutsche Fassung EN 1233: 1996

DIN EN ISO 5667 - 3: 04.96

Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben (ISO 5667 - 3: 1994); Deutsche Fassung EN ISO 5667 - 3: 1995 (A 21)

DIN EN ISO 5961: 05.95

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium durch Atomabsorptionsspektrometrie (ISO 5961: 1994); Deutsche Fassung EN ISO 5961: 1995 (A 19)

DIN EN ISO 6468: 02.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung ausgewählter Organoinsektizide, Polychlorbiphenyle und Chlorbenzole; Gaschromatographisches Verfahren nach Flüssig-Flüssig-Extraktion (ISO 6468: 1996); Deutsche Fassung EN ISO 6468: 1996

ISO/DIS 8165 - 2: 01.97

Water quality - Determination of Selected Monohydric Phenols by Derivatisation and Gas Chromatography

DIN EN ISO 10301: 08.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe - Gaschromatographische Verfahren (ISO 10301: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 10301: 1997

DIN EN ISO 10304 - 1: 04.95

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304 - 1: 1992); Deutsche Fassung EN ISO 10304 - 1: 1995 (D 19)

DIN EN ISO 10304 - 3: 11.97

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie - Teil 3: Bestimmung von Chromat, Iodid, Sulfit, Thiocyanat und Thiosulfat (ISO 10304 - 3: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 10304 - 3: 1997 (D 22)

DIN EN ISO 11885: 04.98

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von 33 Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ISO 11885: 1996); Deutsche Fassung EN ISO 11885: 1997

DIN EN ISO 11969: 11.96

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Arsen - Atomabsorptionsspektrometrie (Hybridverfahren)

E DIN EN ISO 14403: 05.98

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des gesamten Cyanids und des freien Cyanids mit der kontinuierlichen Fließanalytik (ISO/DIS 14403: 1998); Deutsche Fassung prEN ISO 14403: 1998

DIN 38405 - 4: 07.85

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Fluorid (D 4)

DIN 38405 - 13: 02.81

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Cyaniden (D 13)

DIN 38405 - 23: 10.94

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 23: Bestimmung von Selen mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (D 23)

DIN 38405 - 24: 05.87

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 24: Photometrische Bestimmung von Chrom(VI) mittels 1,5-Diphenylcarbazid (D 24)

DIN 38406 - 6: 07.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Kationen (Gruppe E) - Bestimmung von Blei mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 6)

DIN 38406 - 7: 09.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Kupfer mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 7)

DIN 38406 - 8: 10.80

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Zink (E 8)

DIN 38406 - 11: 09.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Nickel mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 11)

DIN 38406 - 24: 03.93

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Cobalt mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 24)

DIN 38407 - 2: 02.93

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Gaschromatographische Bestimmung von schwerflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (F 2)

DIN 38407 - 3: 07.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Teil 3: Gaschromatographische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (F 3)

DIN 38407 - 8: 10.95

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von 6 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wasser mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenzdetektion (F 8)

DIN 38407 - 9: 05.91

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von Benzol und einigen Derivaten mittels Gaschromatographie (F 9)

DIN 38414 - 2: 11.85

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung des Wassergehaltes und des Trockenrückstandes bzw. der Trockensubstanz (S 2)

DIN 38414 - 4: 10.84

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4)

DIN 38414 - 20: 01.96

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 20: Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) (S 20)

DIN 38414 - 24: 04.98

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 24: Bestimmung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) (S 24)

DIN EN 1483: 08.97

Wasseranalytik - Bestimmung von Quecksilber; Deutsche Fassung EN 1483: 1997 (E 12)

DIN 32645: 05.94

Chemische Analytik - Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze - Ermittlung unter Wiederholungsbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung

DIN 1319 - 3: 05.96

Grundlagen der Meßtechnik - Teil 3: Auswertung von Messungen einer Meßgröße, Meßunsicherheit

DIN 1319 - 4: 12.85

Grundbegriffe der Meßtechnik; Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen

DIN EN 45001: 05.90

Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien; Identisch mit EN 45001: 1989

DIN 4021: 10.90

Baugrund - Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

DIN 18123: 11.96

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN EN 932 - 1: 11.96

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren; Deutsche Fassung EN 932-1: 1996

DIN 52101: 03.88

Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen - Probenahme

DIN 51527 - 1: 05.87

Prüfung von Mineralölerzeugnissen; Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) - Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung 6 ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen-Einfang-Detektor (ECD)

ZH 1/183: 04.97

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - Fachausschuß Tiefbau, Ausgabe April 1997

VDI-Richtlinie 3865: Messen organischer Bodenverunreinigungen

- Blatt 1: Messen leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe, Meßplanung für Bodenluft-Untersuchungsverfahren (Okt. 1992);
- Blatt 2: Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben (Januar 1998);
- Blatt 3: Messen organischer Bodenverunreinigungen; Gaschromatographische Bestimmung von niedrigsiedenden organischen Verbindungen in Bodenluft nach Anreicherung an Aktivkohle oder XAD-4 und Desorption mit organischen Lösungsmitteln (Entwurf November 1996);

VDI-Richtlinie 3499:

- Blatt 1: Messen von Emissionen - Messen von Reststoffen. Messen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen in Rein- und Rohgas von Feuerungsanlagen mit der Verdünnungsmethode, Bestimmung in Filterstaub, Kesselasche und in Schlacken. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5 (Entwurf März 1990)

Arbeitsgruppe Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Auflage, berichtiger Nachdruck Hannover 1996, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW): Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben. Merkblätter LUA NRW Nr. 1, Essen 1994

Hessische Landesanstalt für Umwelt (LfU HE): Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich. Handbuch Altlasten, Band 7, Wiesbaden 1998

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): Methodenbuch, Band VII Umweltanalytik, VDLUFA-Verlag Darmstadt 1996

6.2 Bezugsquellen

Die in dieser Verordnung aufgeführten Normen, Technische Regeln und sonstige Methodenvorschriften sind zu beziehen:

- a) DIN- und ISO-Normen und Normentwürfe, VDI-Richtlinien: Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin
- b) Bodenkundliche Kartieranleitung: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 70176 Stuttgart
- c) VDLUFA-Methodenbuch: VDLUFA-Verlag, 64293 Darmstadt
- d) Merkblatt LUA NRW: Landesumweltamt NRW, 45023 Essen
- e) Handbuch Altlasten LfU HE: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 65022 Wiesbaden
- f) ZH 1/183: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuß Tiefbau, 81241 München

Anhang 2 Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte

1. Wirkungspfad Boden - Mensch (direkter Kontakt)

1.1 Abgrenzung der Nutzungen

a) Kinderspielflächen

Aufenthaltsbereiche für Kinder, die ortsüblich zum Spielen genutzt werden, ohne den Spielsand von Sandkästen. Amtlich ausgewiesene Kinderspielflächen sind ggf. nach Maßstäben des öffentlichen Gesundheitswesens zu bewerten.

b) Wohngebiete

Dem Wohnen dienende Gebiete einschließlich Hausgärten oder sonstige Gärten entsprechender Nutzung, auch soweit sie nicht im Sinne der Baunutzungsverordnung planungsrechtlich dargestellt oder festgesetzt sind, ausgenommen Park- und Freizeitanlagen, Kinderspielflächen sowie befestigte Verkehrsflächen.

c) Park- und Freizeitanlagen

Anlagen für soziale, gesundheitliche und sportliche Zwecke, insbesondere öffentliche und private Grünanlagen sowie unbefestigte Flächen, die regelmäßig zugänglich sind und vergleichbar genutzt werden.

d) Industrie- und Gewerbegrundstücke

Unbefestigte Flächen von Arbeits- und Produktionsstätten, die nur während der Arbeitszeit genutzt werden.

1.2 Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die direkte Aufnahme von Dioxinen/Furanen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten, Park- und Freizeitanlagen und Industrie- und Gewerbegrundstücken (in ng/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach Anhang 1)

Stoff	Maßnahmenwerte [ng I-TEq/kg TM] ¹⁾			
	Kinderspiel- flächen	Wohn- gebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Ge- werbegrundstücke
Dioxine/Furane(PCDD/F)	100	1.000	1.000	10.000

¹⁾ Summe der 2, 3, 7, 8 - TCDD-Toxizitätsäquivalente (nach NATO/CCMS)

1.3 Anwendung der Maßnahmenwerte

Bei Vorliegen dioxinhaltiger Laugenrückstände aus Kupferschiefer ("Kieselrot") erfolgt eine Anwendung der Maßnahmenwerte aufgrund der geringen Resorption im menschlichen Organismus nicht unmittelbar zum Schutz der menschlichen Gesundheit als vielmehr zum Zweck der nachhaltigen Gefahrenabwehr.

1.4 Prüfwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die direkte Aufnahme von Schadstoffen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten, Park- und Freizeitanlagen und Industrie- und Gewerbegrundstücken (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach Anhang 1)

Stoff	Prüfwerte [mg/kg TM]			
	Kinder-spielflächen	Wohn-gebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Ge-werbegrundstücke
Arsen	25	50	125	140
Blei	200	400	1.000	2.000
Cadmium	10 ¹⁾	20 ¹⁾	50	60
Cyanide	50	50	50	100
Chrom	200	400	1.000	1.000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	–
Benzo(a)pyren	2	4	10	12
DDT	40	80	200	–
Hexachlorbenzol	4	8	20	200
Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder β -HCH)	5	10	25	400
Pentachlorphenol	50	100	250	250
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆) ²⁾	0,4	0,8	2	40

¹⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

²⁾ Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Meßwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.

2. Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze

2.1 Abgrenzung der Nutzungen

a) Ackerbau

Flächen zum Anbau wechselnder Ackerkulturen einschließlich Gemüse und Feldfutter, hierzu zählen auch erwerbsgärtnerisch genutzte Flächen.

b) Nutzgarten

Hausgarten-, Kleingarten- und sonstige Gartenflächen, die zum Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden

c) Grünland

Flächen unter Dauergrünland

2.2 Prüf- und Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für den Schadstoffübergang Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten im Hinblick auf die Pflanzenqualität (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach Anhang 1)

Stoff	Ackerbau, Nutzgarten		
	Methode ¹⁾	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW	200 ²⁾	–
Cadmium	AN	–	0,04 / 0,1 ³⁾
Blei	AN	0,1	–
Quecksilber	KW	5	–
Thallium	AN	0,1	–
Benzo(a)pyren	–	1	–

¹⁾ Extraktionsverfahren für Arsen und Schwermetalle: AN=Ammoniumnitrat, KW=Königswasser

²⁾ Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Verhältnissen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg Trockenmasse

³⁾ Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg Trockenmasse; ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg Trockenmasse

2.3 Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für den Schadstoffübergang Boden - Nutzpflanze auf Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Arsen und Schwermetalle im Königswasser-Extrakt, Analytik nach Anhang 1)

	Grünland
Stoff	Maßnahmenwert
Arsen	50
Blei	1200
Cadmium	20
Kupfer	1300 ¹⁾
Nickel	1900
Quecksilber	2
Thallium	15
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	0,2

¹⁾ Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt als Maßnahmenwert 200 mg/kg Trockenmasse

2.4 Prüfwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für den Schadstoffübergang Boden - Pflanze auf Ackerbauflächen im Hinblick auf Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, im Ammoniumnitrat-Extrakt, Analytik nach Anhang 1)

	Ackerbau
Stoff	Prüfwert
Arsen	0,4
Kupfer	1
Nickel	1,5
Zink	2

2.5 Anwendung der Prüf- und Maßnahmenwerte

Die Prüf- und Maßnahmenwerte gelten für die Beurteilung der Schadstoffgehalte in der Bodentiefe von 0 bis 30 cm bei Ackerbauflächen und in Nutzgärten sowie in der Bodentiefe von 0 bis 10 cm bei Grünland entsprechend Anhang 1 Nr. 2.1 Tabelle 1. Für die in Anhang 1 Nr. 2.1 Tabelle 1 genannten größeren Bodentiefen gelten die 1,5-fachen Werte.

3. Wirkungspfad Boden - Grundwasser

3.1 Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden - Grundwasser nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (in µg/l, Analytik nach Anhang 1)

Anorganische Stoffe	Prüfwert [µg/l]
Antimon	10
Arsen	10
Blei	25
Cadmium	5
Chrom, gesamt	50
Chromat	8
Kobalt	50
Kupfer	50
Molybdän	50
Nickel	50
Quecksilber	1
Selen	10
Zink	500
Zinn	40
Cyanid, gesamt	50
Cyanid, leicht freisetzbar	10
Fluorid	750

Organische Stoffe	Prüfwert [$\mu\text{g/l}$]
Mineralölkohlenwasserstoffe ¹⁾	200
BTEX ²⁾	20
Benzol	1
LHKW ³⁾	10
Aldrin	0,1
DDT	0,1
Phenole	20
PCB, gesamt ⁴⁾	0,05
PAK, gesamt ⁵⁾	0,20
Naphthalin	2

¹⁾ n-Alkane (C 10...C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe

²⁾ Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)

³⁾ Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe)

⁴⁾ PCB, gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel Bestimmung über die 6 Kongeneren nach Ballschmiter gemäß Altöl-VO (DIN 51527) multipliziert mit 5; ggf. z. B. bei bekanntem Stoffspektrum einfache Summenbildung aller relevanten Einzelstoffe (DIN 38407-3-2 bzw. -3-3)

⁵⁾ PAK, gesamt: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ohne Naphthalin und Methylnaphthaline; in der Regel Bestimmung über die Summe von 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter PAK (z.B. Chinoline)

3.2 Anwendung der Prüfwerte

a) Die Prüfwerte gelten für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone (Ort der Beurteilung). Der Ort der Bodenprobennahme stimmt nicht notwendigerweise mit dem Ort der Beurteilung für das Grundwasser überein.

b) Bei der Bewertung, ob es zu erwarten ist, daß die Prüfwerte für das Sickerwasser am Ort der Beurteilung überschritten werden, sind die Veränderungen der Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser beim Durchgang durch die ungesättigte Bodenzone sowie die Grundwasserflurabstände und deren Schwankungen zu berücksichtigen.

c) Bei Altablagerungen ist die Abschätzung der Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser durch Materialuntersuchungen auf Grund von Inhomogenitäten der abgelagerten Abfälle in der Regel nicht zweckmäßig. Entsprechendes gilt für Altstandorte mit besonders ungleichmäßiger Schadstoffverteilung. In diesen Fällen kann durch Rückschlüsse oder Rückrechnung aus Abstrommessungen im Grundwasser unter Berücksichtigung insbesondere auch der Stoffkonzentration im Anstrom eine Abschätzung der Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser erfolgen.

d) Soweit die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser direkt gemessen werden können, soll die Probennahme nach Möglichkeit am Ort der Beurteilung für das Grundwasser durchgeführt werden.

e) Soweit schädliche Bodenveränderungen und Altlasten in der wassergesättigten Bodenzone liegen, werden sie hinsichtlich einer Gefahr für das Grundwasser nach wasserrechtlichen Vorschriften bewertet.

f) Die geogen bedingte Hintergrundsituation der jeweiligen Grundwasserregion ist bei der Anwendung der Prüfwerte zu berücksichtigen.

4. Vorsorgewerte für Böden nach § 8 Abs. 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Analytik nach Anhang 1)

4.1 Vorsorgewerte für Metalle (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Königswasseraufschluß)

Böden	Cadmium	Blei	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Zink
Bodenart Ton	1,5	100	100	60	1	70	200
Bodenart Lehm/ Schluff	1	70	60	40	0,5	50	150
Bodenart Sand	0,4	40	30	20	0,1	15	60
Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten	unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 dieser Verordnung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen						

4.2 Vorsorgewerte für organische Stoffe (in mg/kg Trockenmasse, Feinboden)

Böden	Polychlorierte Biphenyle (PCB ₅)	Benzo(a)pyren	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)
Humusgehalt > 8 %	0,1	1	10
Humusgehalt ≤ 8 %	0,05	0,3	3

4.3 Anwendung der Vorsorgewerte

a) Die Vorsorgewerte werden nach den Hauptbodenarten gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, unterschieden; sie berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Für die landwirtschaftliche Bodennutzung gilt § 17 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

b) Stark schluffige Sande sind entsprechend der Bodenart Lehm/Schluff zu bewerten.

c) Bei den Vorsorgewerten der Tabelle 4.1 ist der Säuregrad der Böden wie folgt zu berücksichtigen:

- Bei Böden der Bodenart Ton mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Lehm/Schluff.
- Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand. § 4 Abs. 8 Satz 2 der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Verordnung vom 6. März 1997 (BGBl. I S. 446), bleibt unberührt.
- Bei Böden mit einem pH-Wert von < 5,0 sind die Vorsorgewerte für Blei entsprechend den ersten beiden Anstrichen herabzusetzen.

d) Die Vorsorgewerte der Tabelle 4.1 finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 Prozent keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

5. Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade nach § 8 Abs. 2 Nr. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (in Gramm je Hektar)

Element	Fracht [g/ha • a]
Blei	400
Cadmium	6
Chrom	300
Kupfer	360
Nickel	100
Quecksilber	1,5
Zink	1.200

Anhang 3

Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen und den Sanierungsplan

1. Sanierungsuntersuchungen

Mit Sanierungsuntersuchungen bei Altlasten sind die zur Erfüllung der Pflichten nach § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes geeigneten, erforderlichen und angemessenen Maßnahmen zu ermitteln. Die hierfür in Betracht kommenden Maßnahmen sind unter Berücksichtigung von Maßnahmenkombinationen und von erforderlichen Begleitmaßnahmen darzustellen.

Die Prüfung muß insbesondere

- die schadstoff-, boden-, material- und standortspezifische Eignung der Verfahren,
- die technische Durchführbarkeit,
- den erforderlichen Zeitaufwand,
- die Wirksamkeit im Hinblick auf das Sanierungsziel,
- eine Kostenschätzung sowie das Verhältnis von Kosten und Wirksamkeit,
- die Auswirkungen auf die Betroffenen im Sinne von § 12 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und auf die Umwelt,
- das Erfordernis von Zulassungen,
- die Entstehung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen,
- den Arbeitsschutz,
- die Wirkungsdauer der Maßnahmen und deren Überwachungsmöglichkeiten,
- die Erfordernisse der Nachsorge und
- die Nachbesserungsmöglichkeiten

umfassen.

Die Prüfung soll unter Verwendung vorhandener Daten, insbesondere aus Untersuchungen nach § 3 dieser Verordnung, sowie auf Grund sonstiger gesicherter Erkenntnisse durchgeführt werden. Soweit solche Informationen insbesondere zur gesicherten Abgrenzung belasteter Bereiche oder zur Beurteilung der Eignung von Sanierungsverfahren im Einzelfall nicht ausreichen, sind ergänzende Untersuchungen zur Prüfung der Eignung eines Verfahrens durchzuführen.

Die Ergebnisse der Prüfung und das danach vorzugswürdige Maßnahmenkonzept sind darzustellen.

2. Sanierungsplan

Ein Sanierungsplan soll die unter den Nummern 1 bis 5 genannten Angaben sowie die für eine Verbindlichkeitserklärung nach § 13 Abs. 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes erforderlichen Angaben und Unterlagen enthalten.

1. Darstellung der Ausgangslage, insbesondere hinsichtlich

- der Standortverhältnisse (u.a. geologische, hydrogeologische Situation; bestehende und planungsrechtlich zulässige Nutzung),
- der Gefahrenlage (Zusammenfassung der Untersuchungen nach § 3 dieser Verordnung im Hinblick auf Schadstoffinventar nach Art, Menge und Verteilung, betroffene Wirkungspfade, Schutzgüter und -bedürfnisse),
- der Sanierungsziele,
- der getroffenen behördlichen Entscheidungen und der geschlossenen öffentlich-rechtlichen Verträge, insbesondere auch hinsichtlich des Maßnahmenkonzeptes, die sich auf die Erfüllung der nach § 4 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu erfüllenden Pflichten auswirken, und
- der Ergebnisse der Sanierungsuntersuchungen.

2. Textliche und zeichnerische Darstellung der durchzuführenden Maßnahmen und Nachweis ihrer Eignung, insbesondere hinsichtlich

- des Einwirkungsbereichs der Altlast und der Flächen, die für die vorgesehenen Maßnahmen benötigt werden,
- des Gebietes des Sanierungsplans,
- der Elemente und des Ablaufs der Sanierung im Hinblick auf
 - den Bauablauf
 - die Erdarbeiten (insbesondere Aushub, Separierung, Wiedereinbau, Umlagerungen im Bereich des Sanierungsplans),
 - die Abbrucharbeiten,
 - die Zwischenlagerung von Bodenmaterial und sonstigen Materialien,
 - die Abfallentsorgung beim Betrieb von Anlagen,
 - die Verwendung von Böden und die Ablagerung von Abfällen auf Deponien und
 - die Arbeits- und Immissionsschutzmaßnahmen,
- der fachspezifischen Berechnungen zu
 - on-site-Bodenbehandlungsanlagen,
 - in-situ-Maßnahmen,
 - Anlagen zur Fassung und Behandlung von Deponiegas oder Bodenluft,
 - Grundwasserbehandlungsanlagen,
 - Anlagen und Maßnahmen zur Fassung und Behandlung insbesondere von Sickerwasser,
- der zu behandelnden Mengen und der Transportwege bei Bodenbehandlung in off-site-Anlagen,
- der technischen Ausgestaltung von Sicherungsmaßnahmen und begleitenden Maßnahmen, insbesondere von
 - Oberflächen-, Vertikal- und Basisabdichtungen,
 - Oberflächenabdeckungen,
 - Zwischen- bzw. Bereitstellungslagern,
 - begleitenden passiven pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Maßnahmen (z.B. Baufeldentwässerung, Entwässerung des Aushubmaterials, Einhausung, Abluffassung und -behandlung) und
- der behördlichen Zulassungserfordernisse für die durchzuführenden Maßnahmen.

3. Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen zur Überprüfung der sachgerechten Ausführung und Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen, insbesondere

- das Überwachungskonzept hinsichtlich
 - des Bodenmanagements bei Auskoffering, Separierung und Wiedereinbau,
 - der Boden- und Grundwasserbehandlung, der Entgasung oder der Bodenluftabsaugung,
 - des Arbeits- und Immissionsschutzes,
 - der begleitenden Probennahme und Analytik und
- das Untersuchungskonzept für Materialien und Bauteile bei der Ausführung von Bauwerken.

4. Darstellung der Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge einschließlich der Überwachung, insbesondere hinsichtlich

- des Erfordernisses und der Ausgestaltung von längerfristig zu betreibenden Anlagen oder Einrichtungen zur Fassung oder Behandlung von Grundwasser, Sickerwasser, Oberflächenwasser, Bodenluft oder Deponiegas sowie Anforderungen an deren Überwachung und Instandhaltung,
- der Maßnahmen zur Überwachung (z.B. Meßstellen) und
- der Funktionskontrolle im Hinblick auf die Einhaltung der Sanierungserfordernisse und Instandhaltung von Sicherungsbauwerken oder -einrichtungen.

5. Darstellung des Zeitplans und der Kosten.

Anhang 4
Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Flächen,
bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung auf
Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt

1. Anwendung

Dieser Anhang findet gemäß § 8 Anwendung bei der Untersuchung von Flächen, bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser besteht.

2. Untersuchung und Bewertung

Bestehen Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser, so ist zunächst zu prüfen,

- a) ob erhebliche Mengen Bodenmaterials aus der Erosionsfläche geschwemmt wurden und
- b) auf welche Erosionsflächen und auf welche Verursacher die Bodenabschwemmung zurückzuführen ist.

Hinweise für eine Identifikation der Erosionsfläche ergeben sich vor allem durch deutlich sichtbare Übertrittsstellen von Bodenmaterial von der Erosionsfläche zu den außerhalb der Erosionsfläche gelegenen und durch Bodenmaterial beeinträchtigten Bereichen. Weitere Hinweise ergeben sich aus dem Vorliegen deutlich sichtbarer Erosionsformen auf der Erosionsfläche. Bei der Prüfung gemäß Buchstabe a kann es erforderlich sein, die bei einem Erosionsereignis oder in Folge von Erosionsereignissen, die im Abstand von maximal wenigen Wochen nacheinander aufgetreten sind, von einer Verdachtsfläche abgeschwemmte Bodenmenge abzuschätzen. Dies kann mit Hilfe der "Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen" (DVWK 1996) erfolgen.

Für die Abschätzung der Wiedereintrittswahrscheinlichkeit von Bodenabträgen gemäß § 8 Abs. 1 sind insbesondere gebietsspezifische statistische Auswertungen langjähriger Niederschlagsaufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes heranzuziehen. Hierzu können auch Erosionsprognosemodelle als Hilfsmittel genutzt werden, soweit sie nachweislich geeignet sind, die aus den Erosionsflächen abgeschwemmten Bodenmengen bei konkret eingetretenen Erosionsereignissen mit hinreichender Genauigkeit abzuschätzen.

Die Bedingungen für die Erwartung weiterer Bodenabträge gemäß § 8 Abs. 1 Nr. 2 sind in der Regel erfüllt, wenn innerhalb der letzten zehn Jahre mindestens in einem weiteren Fall erhebliche Mengen Bodenmaterials aus derselben Erosionsfläche geschwemmt wurden.