



Anforderungen an Probennahme, Probenvorbehandlung und  
chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften

**Sonderheft 2/2001**

# Amts- und Mitteilungsblatt



Die Aufgaben  
der Bundesanstalt  
stehen unter der Leitlinie:

## **Sicherheit und Zuverlässigkeit in Chemie- und Materialtechnik**

### **Die Aufgaben**

Die BAM ist im Aufgabenverbund „Material – Chemie – Umwelt – Sicherheit“ zuständig für:

- Hoheitliche Funktionen zur öffentlichen technischen Sicherheit, insbesondere im Gefahrstoff- und Gefahrgutrechtsbereich;
- Mitarbeit bei der Entwicklung entsprechender gesetzlicher Regelungen, z. B. bei der Festlegung von Sicherheitsstandards und Grenzwerten;
- Beratung der Bundesregierung, der Wirtschaft sowie der nationalen und internationalen Organisationen im Bereich der Materialtechnik und Chemie;
- Entwicklung und Bereitstellung von Referenzmaterialien und -verfahren, insbesondere der analytischen Chemie und der Prüftechnik;
- Unterstützung der Normung und anderer technischer Regeln für die Beurteilung von Stoffen, Materialien, Konstruktionen und Verfahren im Hinblick auf die Schadensfrüherkennung bzw. -vermeidung, den Umweltschutz und den Erhalt volkswirtschaftlicher Werte.

### **Die Tätigkeitsbereiche**

Das Tätigkeitsspektrum der BAM umfasst die sich ergänzenden und aufeinander bezogenen Tätigkeiten:

- Forschung und Entwicklung
- Prüfung, Analyse und Zulassung
- Beratung und Information.

### **Die nationale und internationale Zusammenarbeit**

Die Aufgaben der BAM für Technik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Insofern arbeitet die Bundesanstalt mit Technologieinstitutionen des In- und Auslandes, insbesondere den nationalen Schwesterinstitutionen eng zusammen. Sie berät Bundesministerien, Wirtschaftsverbände, Industrieunternehmen sowie Verbraucherorganisationen und unterstützt mit Fachgutachten Verwaltungsbehörden sowie Gerichte. Daneben ist sie in die internationale technische Zusammenarbeit eingebunden und im Bereich „Messwesen – Normung – Prüftechnik – Qualitätssicherung“ (MNPQ) als nationale Institution für die Prüftechnik zuständig. Die Mitarbeiter der Bundesanstalt wirken in zahlreichen Fachgremien, gesetzlichen Körperschaften und normensetzenden Institutionen an der Aufstellung von technischen Regeln und Sicherheitsbestimmungen mit und vertreten die Bundesrepublik in nationalen und supranationalen Einrichtungen.

### **Der Status**

Die BAM ist als technisch-wissenschaftliche Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie Nachfolgeinstitution des 1871 gegründeten Staatlichen Materialprüfungsamtes sowie der 1920 gebildeten Chemisch-Technischen Reichsanstalt (CTR). Sie hat dementsprechend die Funktion einer materialtechnischen und chemisch-technischen Bundesanstalt. In ihr sind etwa 1600 Mitarbeiter, darunter mehr als 700 Wissenschaftler und Ingenieure, auf dem Stammgelände in Berlin-Lichterfelde sowie auf den Zweiggeländen in Berlin-Steglitz und Berlin-Adlershof tätig.

Dr. rer. nat. Manfred Bannert  
Dr. rer. nat. Wolfgang Berger  
Dr. rer. nat. Hildegard Fischer  
Dipl.-Geol. Dieter Horchler  
Dipl.-Geol. Klaus Keese  
Dr. rer. nat. Petra Lehnik-Habrink  
Dr.-Ing. Detlef Lück  
Dr. rer. nat. Joachim Pritzkow  
Dr. rer. nat. Tin Win

## **Anforderungen an Probennahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften**

Auf der Grundlage der Verwaltungsvereinbarung zwischen der  
Oberfinanzdirektion (OFD) Hannover und der Bundesanstalt  
für Materialforschung und -prüfung (BAM) vom 05.09.1995;  
Neufassung: 17.05.2000; aktualisierte Fassung: Februar 2001

Berlin, Mai 2001

## **Impressum**

### **Amts- und Mitteilungsblatt der BAM Sonderheft 2/2001**

Anforderungen an Probennahme Probenvorbehandlung  
und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundes-  
liegenschaften

Stand: Februar 2001

Herausgegeben von

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Unter den Eichen 87

D-12205 Berlin

Postanschrift: D-12200 Berlin

Telefon +49 (0) 30-81 04-0

Telefax +49 (0) 30-8 11 20 29

e-mail [info@bam.de](mailto:info@bam.de)

Internet <http://www.bam.de>

Copyright © 2001 by Bundesanstalt für Materialforschung  
und -prüfung (BAM)

Herstellung und Verlag:

Wirtschaftsverlag NW

Verlag für neue Wissenschaft GmbH

Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76

D-27568 Bremerhaven

Postfach 10 11 10

D-27511 Bremerhaven

Telefon (04 71) 9 45 44-0

Telefax (04 71) 9 45 44 77/88

Umschlag: Lutz Mittenzwei

Layout: Referat G.1

ISSN 0938-5533

ISBN 3-89701-701-6

# INHALT

Vorbemerkungen zur Neufassung 2001	5
<b>Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)</b>	
Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung	6
<b>1 Untersuchungsumfang und erforderlicher Kenntnisstand</b>	6
1.1 Orientierende Untersuchung	6
1.2 Detailuntersuchung	7
<b>2 Probennahme</b>	7
2.1 Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen – Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen	8
2.1.1 Wirkungspfad Boden – Mensch	9
2.1.2 Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze	9
2.1.3 Wirkungspfad Boden – Grundwasser	9
2.2 Probennahmeplanung Bodenluft	9
2.3 Probennahmeplanung bei abgeschobenem und ausgehobenem Bodenmaterial	10
2.4 Probengewinnung	10
2.4.1 Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien	10
2.4.2 Bodenluft	10
2.5 Probenkonservierung, -transport und -lagerung	12
	15
<b>3 Untersuchungsverfahren</b>	16
3.1 Untersuchungsverfahren für Böden, Bodenmaterial und sonstige Materialien	16
3.1.1 Probenauswahl und -vorbehandlung	16
3.1.2 Extraktion, Elution	18
3.1.3 Analysenverfahren	21
3.2 Untersuchung von Bodenluft	30
3.3 Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags aus Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen in das Grundwasser	31
	31
<b>4 Qualitätssicherung</b>	32
4.1 Probennahme und Probenlagerung	32
4.2 Probenvorbehandlung und Analytik	33
	33
<b>5 Abkürzungsverzeichnis</b>	34
5.1 Maßeinheiten	34
5.2 Instrumentelle Analytik	34
5.3 Sonstige Abkürzungen	34
	34
<b>6 Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden, Bezugsquellen</b>	35
6.1 Normen	35
6.1.1 Technische Regeln und sonstige Methoden	35
	41
6.2 Bezugsquellen	42

## **Ansprechpartner der BAM und der Akkreditierungsstellen**

Vorsitzender der gemeinsamen Arbeitsgruppe der Akkreditierungsstellen DAP, DACH, DASMIN

*Dr.-Ing. Klaus Berner, DAP GmbH*

Telefon (0 30) 67 05 91-40

Telefax (0 30) 67 05 91-15

E-Mail: zentrale@dap.de

Vorsitzender des Arbeitskreises OFD-H/BAM: Anerkennungsgrundlagen Altlasten sowie  
Arbeitsgruppe Anorganische Analyse

*Dr.-Ing. Detlef Lück, Laboratorium I.12, Analytik nichtmetallisch-anorganischer Stoffe*

Telefon: (0 30) 81 04-11 12

Telefax: (0 30) 81 04-11 17

E-Mail: detlef.lueck@bam.de

Arbeitsgruppe: Probenahme/Probenvorbehandlung

Verantwortlicher: *Dr. rer. nat. Wolfgang Berger, Laboratorium IV.31, Kontaminationsbewertung*

Telefon: (0 30) 81 04-14 31

Telefax: (0 30) 81 04-14 37

E-Mail: wolfgang.berger@bam.de

Arbeitsgruppe: Organische Analyse

Verantwortlicher: *Dr. rer. nat. Tin Win, Laboratorium I.22, Spurenanalytik organischer Inhaltsstoffe*

Telefon: (0 30) 81 04-11 22

Telefax: (0 30) 81 04-59 90

E-Mail: tin.win@bam.de

Arbeitsgruppe: Grundlagen für das Anerkennungsverfahren

Verantwortlicher: *Dr. rer. nat. Joachim Pritzkow, S.4*

Telefon: (0 30) 81 04-37 63

Telefax: (0 30) 81 04-37 55

E-Mail: joachim.pritzkow@bam.de

Ringversuchsleiter:

Wasseranalytik: *Dr.-Ing. Detlef Lück*

Laboratorium I.12, Analytik nichtmetallisch-anorganischer Stoffe

Bodenanalytik: *Dr. rer. nat. Roland Becker,*

Laboratorium I.21, Präparations- und Extraktionsverfahren für organische Referenzmaterialien

Telefon (030) 8104-11 21

Telefax (030) 8104-59 90

E-Mail roland.becker@bam.de

# Vorbemerkungen zur Neufassung 2001

Zur Umsetzung der Verwaltungsvereinbarung der OFD Hannover und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) über „Anerkennung und Überwachung von Prüflaboratorien im Rahmen von Erkundung und Bewertung kontaminierter Flächen“ (15. Sept. 1995) wurde eigens ein „Arbeitskreis Anerkennungsgrundlagen Altlasten“ einberufen, dem neben der BAM und der OFD Hannover die am Verfahren beteiligten Akkreditierungsgesellschaften DACH, DAP und DASMIN, die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), das Umweltbundesamt (UBA), die Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA), der TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt und der Verband Deutscher Umweltlaboratorien sowie vereidigte Sachverständige und private Prüflaboratorien angehörten. Aufgabe dieses Arbeitskreises war es, „Anforderungen an Untersuchungsmethoden zur Erkundung und Bewertung kontaminationsverdächtiger/kontaminierter Flächen und Standorte auf Bundesliegenschaften“ als Grundlage der Kompetenzbestätigungsverfahren zu erarbeiten. Mit Stand Februar 1997 wurden diese veröffentlicht (OFD-H/BAM Anforderungskatalog 02/97), im Juni 1998 aktualisiert und auf der Umwelt-CD-ROM des Bundesministeriums für Raumordnung, Bau- und Wohnungswesen (BMBau) als Anhang 2.5 der „Arbeitshilfen Altlasten“ bekanntgemacht.

Mit dem Erlass des BMBau vom 07.11.1995 wurden alle Bau- und Vermögensabteilungen der Oberfinanzdirektionen angewiesen, Aufträge zur Untersuchung kontaminationsverdächtiger/kontaminierter Flächen (KVF/KF) nur noch an Unternehmen zu vergeben, die nach diesem Verfahren anerkannt sind.

Die oben genannten Anforderungen wurden 1998 bei der Formulierung des Anhangs 1 („Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung“) der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) berücksichtigt. Mit Inkraftsetzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) am 17.03.1998 und der BBodSchV am 12.07.1999 liegen nunmehr bundeseinheitliche gesetzliche Regelungen vor, die bei Bodenuntersuchungen sowie bei der Bearbeitung von Verdachtsflächen anzuwenden sind.

Da der Anhang 1 der BBodSchV aber nicht allein für den Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Ver-

kehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) formuliert wurde, ergibt sich hier zur Vereinfachung und Vereinheitlichung des Vollzugs auf Liegenschaften des Bundes der Bedarf nach inhaltlichen Erläuterungen und Ergänzungen. Daher wurde gemeinsam von der BAM und der OFD Hannover im Rahmen der Neufassung ihrer „Verwaltungsvereinbarung zur Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Akkreditierung und Überwachung von Prüflaboratorien/Ingenieurbüros im Rahmen der Erkundung kontaminationsverdächtiger/kontaminierter Flächen auf Bundesliegenschaften und zur Durchführung von Eignungsprüfungen in der chemischen Analytik“ vom 17.05.2000 die nachfolgende Neufassung „Anforderungen an Probennahme, Probenvorbereitung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften“ erarbeitet. Diese ersetzt die Versionen vom Februar 1997 und Juni 1998. Voraussetzung für die Durchführung von Untersuchungen auf Bundesliegenschaften ist eine Akkreditierung auf der Grundlage dieser Anforderungen.

In der BBodSchV sind eine Reihe internationaler Normentwürfe aufgeführt, die nicht in jedem Fall im Detail dem aktuellen Diskussions- und Kenntnisstand entsprechen. In den überarbeiteten Anforderungen werden mit Hilfe von Hinweisen und Ergänzungen Präzisierungen vorgenommen und der aktuelle Stand dokumentiert.

Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wurde gemäß Anhang 1 BBodSchV ein Fachbeirat „Verfahren und Methoden für Bodenuntersuchungen (FBU)“ eingerichtet, dem auch Mitarbeiter der BAM und der OFD Hannover angehören. Eine zentrale Aufgabe dieses Fachbeirates ist die Zusammenstellung und Bekanntgabe aktueller Methoden und Verfahren. Diese durch das Umweltbundesamt (UBA) vorgesehenen Veröffentlichungen sind zu beachten.

Da die wesentlichen Anforderungen im Anhang 1 der BBodSchV enthalten sind, wurde zur Verbesserung der Übersichtlichkeit der Verordnungstext im folgenden wörtlich übernommen. Er ist durch **Kursivdruck** hervorgehoben. Teil 6 der vorliegenden Anforderungen ist in Abweichung von der BBodSchV zunächst in Normen und anschließend in Technische Regeln und sonstige Methoden gegliedert.

# Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) – 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 Ablagerungen 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.*

**Hinweis:** Untersuchungsumfang und Probennahme sind nicht nur bei altlastverdächtigen Ablagerungen, sondern bei allen Untersuchungen nach den Erfordernissen des Einzelfalles festzulegen.

*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.*

**Hinweis:** Die Bekanntmachungen dieses Fachbeirates „Bodenuntersuchungen“ (FBU) sind zu beachten (siehe Vorbemerkung). Sie werden voraussichtlich im Bundesanzeiger veröffentlicht. Zur Zeit der Erstellung dieser Anforderungen liegen noch keine Veröffentlichungen vor.

## 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.*

**Hinweis:** Ersetzt durch BGR 128/2000

Berufsgenossenschaftliche Regeln für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit; BG-Regeln Kontaminierte Bereiche – Fachausschuss Tiefbau der BGZ, aktualisierte Fassung 2000, Carl Heymanns Verlag KG, Köln.

*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.*

**Hinweis:** Für andere als die vorstehend genannten Nutzungen (z. B. Truppenübungsplätze, Waldflächen oder ungenutzte Brachflächen) gibt die BBodSchV keine Anleitung. Hier ist die Vorgehensweise besonders zu begründen. Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV sind zur Bewertung nicht ohne weiteres heranzuziehen.

*Bei Untersuchungen zum Wirkungspfad Boden – Grundwasser ist nicht nach der Art der Bodennutzung zu unterscheiden.*

**Hinweis:** Zu beachten ist, dass die Art der Bodennutzung unter anderem einen Einfluss auf die Grundwasserneubildung hat.

### 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 Ablagerungen 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.*

Hinweis: Die orientierende Untersuchung ist als Maßnahme der Gefährderrmittlung gemäß § 9 (1) BBodSchG Aufgabe der zuständigen Behörde.

*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 Probenahme auf der Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, in dem Umfang durchgeführt werden, der für die Gefährdenbeurteilung erforderlich ist.*

Ergänzung: Die „Ergänzung der KA4 um stadtbodenspezifische Besonderheiten“ der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (Stand März 2000) ist zu beachten, so lange diese Besonderheiten nicht in einer Neuauflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung berücksichtigt sind.

*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.*

Ergänzung: Dies umfasst auch die natürlichen Rückhalte- und Abbauprozesse („natürliche Selbstreinigung“, „natural attenuation“) im Untergrund, die einen Bestandteil der Standortbedingungen darstellen und bei der anschließenden Gefährdungsabschätzung zu berücksichtigen sind.

*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.*

Ergänzung: Art und Auswahl von Aufschluss- und Proben Gewinnungsverfahren sind außerdem abhängig von der Zielstellung, dem auf Grund der Nutzungsgeschichte zu erwartenden Schadstoffinventar sowie der Beschaffenheit des geologischen Untergrundes der zu untersuchenden Fläche (Pedologie, Lithologie, Hydrogeologie, Fremdmaterialien). Alle diese Gegebenheiten sind in einer Kontaminationshypothese nach E DIN ISO 10381-5:12.98 zusammenzufassen (siehe Nummer 2.1).

*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.*

Hinweis: Auch aus haushaltsrechtlichen Gründen ist bei öffentlicher Auftragsvergabe eine Begründung für die Probenahme erforderlich.

*Die Anforderungen des Arbeitsschutzes sind zu beachten.*

Ergänzung: Aufschlussverfahren

Zur Untersuchung des Untergrundes muss dieser durch geologische Aufschlussverfahren zugänglich gemacht werden. Die Art des Aufschlusses richtet sich nach der Aufgabenstellung und ist schadstoff- und standortspezifisch festzulegen. Zusammenstellungen möglicher Aufschlussverfahren enthalten z. B. DIN 4021:10.90 (Baugrunduntersuchungen). Die DVGW-Merkblätter W115 und W121 (Grundwassererschließung), E DIN ISO 10381-2: 02.96 und die Arbeitshilfe „Aufschlussverfahren zur Feststoffprobengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten“ des ITVA (1995).

Wenn für die Probennahme Aufschlüsse mit Hilfe von Kleinrammbohrungen geschaffen werden, ist folgendes zu beachten:

- Nur Rammkernsonden mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm sind zu verwenden. Im folgenden wird der in der Praxis übliche Begriff „Rammkernsonden (RKS)“ an Stelle von „Entnahmerohr“ nach DIN 4021: 10.90 verwendet).
- Der Durchmesser der Sonde richtet sich nach dem zu erwartenden Größtkorn. Um eine repräsentative Probenahme zu gewährleisten, muss der Innendurchmesser der Sonde mindestens das Fünffache des Größtkornes betragen.
  - Hinweis: Selbst mit einer 80 mm RKS ist daher maximal die Feinkiesfraktion repräsentativ zu erfassen.
- Zur Vermeidung von Querkontaminationen wird aus Rammkernsonden jeweils nur der innere Teil des Bohrkerns beprobt. Der Randbereich (ca. 0,5-1 cm) ist zu verwerfen.
- Der Einsatz von Brennkraftschlämmern (Zweitaktmotorhämmern) ist nicht zulässig.
- Bei Einsatz eines Stromaggregates für Elektrohämmer oder andere Elektrogeräte ist dieses in ausreichender Entfernung unter Berücksichtigung der Windrichtung aufzustellen.
- Die Kerne sind ausschließlich in max. 1 m-Schritten zu ziehen.
- Hohe Kernverluste (> 20 Prozent) sind unzulässig. In diesem Fall ist ein anderes Aufschlussverfahren zu wählen.
- Nachgefallenes Material ist, soweit identifizierbar, zu verwerfen.
- Bestehen Zweifel darüber, ob bestimmtes Bodenmaterial nachgefallen ist oder nicht, ist es als Nachfall einzustufen.
- Kernverluste, Stauchungen des Kernmaterials und der Anteil an nachgefallenem Material sind zu dokumentieren; der Anteil an nachgefallenem Material ist als Kernverlust zu bewerten.

In Abhängigkeit von der Zielstellung, der Untersuchungstiefe, dem Aufbau des Untergrundes sowie vom Umfang der zu ermittelnden physikalisch-chemischen und chemischen Parameter und den dazu erforderlichen Probenmengen kommen auch andere Aufschlussverfahren in Betracht (z. B. andere Bohrverfahren gemäß DIN 4021: 10.90 oder Schürfe).

Bohrungen mit Spülung sind für die Untersuchung auf chemische und physikalisch-chemische Parameter nicht zulässig.

In der Regel werden Bodenproben aus gestörter Lagerung entnommen, z. B. für chemisch-analytische Untersuchungen. Für die Bestimmung einiger physikalischer Kenngrößen (Lagerungsdichte, Porengrößenverteilung, Porenvolumen usw.) sowie für die Ermittlung von Gefügeparametern sind Proben aus ungestörter Lagerung zu entnehmen. Dafür sind nach Abschnitt 6 der Bodenkundlichen Kartieranleitung Stechzylinder oder Stechrahmen geeignet.

Hülsen (Liner) erreichen nicht die Probenqualität der Stechzylinder, sind aber für bestimmte Fragestellungen ausreichend.

Schürfe sind im oberflächennahen Boden ein relativ kostengünstiges Aufschlussverfahren. Sie gestatten über einen größeren Bereich einen Einblick in die Horizont- und Schichtenfolgen. Schürfe sind sehr gut für die Probennahme in heterogen zusammengesetzten anthropogenen Aufschüttungen oder in Schichten mit hohem Grobkornanteil geeignet. Aus Schürfen ist ausreichend Probenmaterial für die unterschiedlichsten Zielstellungen gewinnbar.

Nach der Probennahme ist die Verkehrssicherheit zu gewährleisten (z. B. durch Wiederauffüllen mit dem entnommenen Material).

**Hinweis:** Das beim Anlegen eines Schurfes anfallende Material ist kein Abfall gemäß § 3 KrW/AbfG.

*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 an Hand von Erkenntnissen aus der Erfassung erfolgen.*

**Ergänzung:** Liegen keine solchen Kriterien zur Differenzierung einer Untersuchungsfläche vor, können Teilflächen auch unter Berücksichtigung der erforderlichen Flächendeckung und Aussagegenauigkeit in Rastern festgelegt werden.

## 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 altlastver-*

*dächtigen 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.*

**Hinweis:** Unter „Raster“ ist hier eine zielgerichtete, geplante Anordnung einzelner Probennahmestellen zu verstehen - nicht notwendigerweise ein regelmäßiges Gitter. Definitionen siehe Reihe DIN ISO 11074.

**Ergänzung:** Die Kontaminationshypothese ist in jedem Fall als Grundlage der Probennahmestrategie zu dokumentieren. Wurde im Ausnahmefall keine Hypothese aufgestellt, ist dies zu begründen.

*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.*

**Hinweis:** Dies ist zwingend erforderlich, wenn zur Bewertung der Analyseergebnisse Prüf- oder Maßnahmenwerte der BBodSchV herangezogen 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 <sup>1)</sup> 10-35 cm <sup>2)</sup>
	Park- und Freizeitanlage	0-10 cm <sup>1)</sup>
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0-10 cm <sup>1)</sup>
Boden - Nutzpflanze	Ackerbau, Nutzgarten	0-30 cm <sup>3)</sup> 30-60 cm
	Grünland	0-10 cm <sup>4)</sup> 10-30 cm

1) Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades

2) 0-35 cm: durchschnittliche Mächtigkeit aufgebrachteter 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.

#### Ergänzung: Probenanzahl

Die Anzahl der für eine Gefährdungsabschätzung zu entnehmenden Proben ist in erster Linie vom Kenntnisstand über die zu untersuchende Fläche und von der jeweiligen Untersuchungsart (orientierende Untersuchung, Detailuntersuchung) abhängig. Flächengröße, Aufbau und Zusammensetzung des Untergrundes, Flurabstände, Art der Kontamination sowie die zu betrachtende Nutzung und die dafür erforderliche Untersuchungstiefe haben auch einen entscheidenden Einfluss auf die Anzahl der Proben.

*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.*

Ergänzung: Auch Schadstoffe, für die bisher keine Prüfwerte festgelegt wurden, können inhalativ bedeutsam sein. Eine inhalative Aufnahme von Schadstoffen ist nicht nur über Bodenpartikel, sondern auch über Gase und Dämpfe möglich. Dies ist im Einzelfall zu prüfen und zu berücksichtigen.

*Durch Rückstellproben ist sicherzustellen, dass der Schadstoffgehalt in der für die Staubbildung relevanten Feinkornfraktion bis 63 µm gegebenenfalls getrennt analysiert werden kann.*

Ergänzung: Die Art der Aufbewahrung der Rückstellproben muss dabei sicherstellen, dass keine Veränderungen der Schadstoffgehalte auftreten können.

*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 m<sup>2</sup> für jeweils 1000 m<sup>2</sup>, mindestens aber von drei Teilflächen, eine Mischprobe entnommen werden. Die Mischprobe soll aus 15 bis 25 Einzelproben einer Beprobungstiefe gewonnen werden. Bei Flächen unter 500 m<sup>2</sup> sowie in Hausgärten oder sonstigen Gärten entsprechender Nutzung kann auf eine Teilung verzichtet werden. Für Flächen über 10 000 m<sup>2</sup> sollen mindestens jedoch zehn Teilflächen beprobt werden.*

Hinweis: Die Schadstoffe auf Bundesliegenschaften sind erfahrungsgemäß fast nie annähernd gleichmäßig über eine Fläche verteilt. Zur Erkundung von Schadstoffverteilungen oder zur toxikologischen Bewertung sind Mischproben grundsätzlich wenig geeignet. Um Informationsverluste durch unkontrollierte Verdünnung zu vermeiden, sind Mischproben nur in begründeten Ausnahmefällen einzusetzen, wie z. B. bei Wechsellagerung geringmächtiger Schichtfolgen. Hier ist die Mischprobe im folgenden wie eine Einzelprobe zu behandeln.

### **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 drei Teilflächen eine Mischprobe entsprechend den Beprobungstiefen entnommen werden. Bei Flächen unter 5000 m<sup>2</sup> kann auf eine Teilung verzichtet werden. Für Flächen größer 10 Hektar sollen mindestens jedoch zehn 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 Einzeleinsteiche 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.

**Hinweis:** Die VDI-Richtlinie 38 65, Blatt 1: 10.92 beschreibt Grundsätze der Planung von Bodenluftmessungen auf leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen. Wie weit diese auf andere Stoffe in der Bodenluft übertragbar sind, ist im Einzelfall zu prüfen. Blatt 1 befindet sich z. Z. in der Überarbeitung. Nach Erscheinen ist die neue Version zu beachten.

Entscheidend ist folgende Aussage der oben genannten VDI-Richtlinie:

„Bei Bodenluftmessungen handelt es sich um qualitative und orientierende Voruntersuchungen etwa über die Schadensquelle und die relative Verteilung der Schadstoffe. Die quantitativen Belastungen von Boden und Grundwasser können nur durch weiterführende Analysen ermittelt werden“.

Bodenluftuntersuchungen haben eine eigene Zielsetzung und erfordern eine zielorientierte und wirtschaftliche Vorgehensweise. Sie werden in der Regel nicht im Zuge von geologischen und hydrogeologischen Erkundungen durchgeführt, welche zu anderen Zwecken konzipiert wurden. Deshalb ist die oft in der Praxis eingesetzte Vorgehensweise: Abteufen von Kleinrammbohrungen, Entnahme von Bodenproben und anschließende Bodenluftbeprobung in den nun einmal vorhandenen Bohrlöchern nicht fachgerecht im Sinne einer zielorientierten Bodenluftuntersuchung.

Gasuntersuchungen im Zuge von Deponieüberwachung und -erkundung sind nicht Gegenstand der zitierten VDI-Richtlinien sowie dieser Anforderungen.

## 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.

**Hinweis:** Mit Erscheinen von DIN EN 932-1: 11.96 wurde DIN 52 101 ersetzt, bleibt jedoch Referenzverfahren nach BBodSchV.

**Ergänzung:** Die konkrete Vorgehensweise richtet sich nach den Gegebenheiten des Einzelfalles und der Fragestellung. Sie ist zu begründen und zu dokumentieren.

## 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.

**Hinweis:** In Tabelle A sind beispielhaft die mit einer Rammkernsonde (1 m Länge) gewinnbaren Probenmengen für einen schluffig-sandigen Boden unter Berücksichtigung von Innendurchmesser und zu verwendenden Randbereichen des Kerns bei vollständigem Kerngewinn angegeben.

Den Mengenbedarf für die Bestimmung chemischer und physikalisch-chemischer Parameter (Doppelbestimmung) für die Bodenfraktion < 2 mm zeigt Tabelle C, Seite 18. Er ist abhängig von der Anzahl der zu bestimmenden Parameter.

*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.*

**Hinweis:** Eine Abtrennung von Fremdmaterialien ist nur in der Grobfraction praktikabel.

**Ergänzung:** In Abhängigkeit vom Größtkorn können relativ große Probenmengen anfallen. Eine Verjüngung der Probenmenge kann mittels Riffelteiler, Mischkreuz oder durch Vierteln erfolgen. Bei Verwendung eines Mischkreuzes oder beim manuellen Vierteln ist eine geeignete Unterlage (z. B. Edelstahlblech) zu verwenden.

Beim Auftreten nicht kontaminierter grober Bestandteile kann die Probenmenge durch Siebung im Gelände reduziert werden. Wird der Probenanteil > 2 mm Korndurchmesser im Gelände abgetrennt und dem Labor nicht zur Untersuchung übergeben, dann sind das Verhältnis von Grobanteil zu Feinanteil sowie der Trockenmassegehalt des Grobanteils getrennt zu bestimmen und zu dokumentieren. Es ist dafür eine geeignete Waage mitzuführen.

Wenn die Trennung in Grob- und Feinfraktion nicht im Gelände erfolgt, ist eine für die chemische Analytik erforderliche

**Tabelle A** Gewinnbare Probenmengen in Abhängigkeit vom Sondendurchmesser bei 1 m Sondenlänge

Außendurchmesser RKS (mm)	Gewinnbare Probenmenge (kg)
80	3,5-4,2
60	1,4-1,9
50	0,7-1,0

che Probenmenge zu entnehmen, gekühlt zu lagern und zu transportieren. Zusätzlich ist eine für den beprobten Bereich (Horizont, Schicht, Auffüllung) repräsentative Probe zur Trennung in Grob- und Feinfraktion zu entnehmen. Lagerung und Transport bei tiefen Temperaturen sind für diesen Probenanteil nicht erforderlich.

*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.*

**Ergänzung:** Bei der Wahl des Probengewinnungsverfahrens muss die Art der Kontamination berücksichtigt werden. Es muss weiterhin sicherstellt werden, dass es nicht zu Veränderungen der Zusammensetzung und Konzentration der Schadstoffe während der Probennahme kommt.

Generell ist auf größte Reinheit von Aufschlußgeräten und Probennahmegerätschaften zu achten. Nach jedem Probenschritt ist eine sorgfältige Reinigung der Gerätschaften vorzunehmen.

Es sind Entnahmegeräte (Löffel, Spatel) aus Edelstahl (nicht lackiert) zu verwenden.

Pedologische und lithologische Einheiten sind über die Gesamtheit ihrer Mächtigkeit durchgehend zu beproben. Die Anforderung, das Probennahmeintervall auf max. 1 m zu beschränken, bleibt hiervon unberührt.

#### **Ergänzung: Probengewinnung zur Untersuchung auf leichtflüchtige Stoffe**

Bei Untersuchungen auf leichtflüchtige Substanzen sind als Probengefäße gasdicht verschließbare Glasflaschen mit PTFE-beschichteten Dichtungen oder Septen zu verwenden.

Die Entnahme der Proben erfolgt unmittelbar nach dem Ziehen der Rammkernsonde oder Auftrennen eines Liners aus dem Bohrkern unter Berücksichtigung des Schichtenaufbaus. Gegebenenfalls werden zunächst mehrere Proben entnommen und in Abhängigkeit vom Schichtenaufbau erfolgt nach der Kernaufnahme die Auswahl der Proben für die Analytik.

Für die Gewinnung der Proben sind geeignete Probenstecher zu verwenden, die das erforderliche definierte Probenvolumen aufnehmen (z. B. abgeschnittene Einwegspritzen entsprechender Größe).

Die Bodenproben sind vor Ort in die Probengefäße zu überführen. Die Ränder der Gläser sind vor dem Verschließen auf Verunreinigungen zu prüfen. Die Dichtheit der Probengefäße ist zu gewährleisten.

Das Probenmaterial ist entweder nach dem Befüllen der Gläser mit einem definierten Volumen eines geeigneten Lösungsmittels zu überschichten oder in Gläser zu überführen, die bereits eine definierte Menge an Lösungsmittel, vorzugsweise Methanol, enthalten. Art und Menge des Lösungsmittels sind mit dem Untersuchungslabor abzustimmen.

Die detaillierte geologische Aufnahme des Bohrkerns ist nach der Probennahme durchzuführen.

Die Untersuchung von Böden mit Korndurchmessern > 2 mm auf leichtflüchtige Substanzen ist nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

**Hinweis:** Selbst bei sorgfältigster Ausführung sind nicht quantifizierbare Minderbefunde zu erwarten. Daher sind die Ergebnisse generell nicht im Sinne von Grenzwertbetrachtungen zu verwenden.

#### **Ergänzung: Probengewinnung aus Schürfen**

Beim Anlegen von Schürfen sind die Arbeitsschutzbestimmungen hinsichtlich der Standsicherheit gemäß DIN 4124: 08.00 und die Unfallverhütungsvorschriften der Tiefbau – Berufsgenossenschaften zu beachten.

Die Entnahmestellen der Proben im Schurf sind von nachgefallenem Aushub zu säubern. Aus vertikalen Profilen ist stets von unten nach oben zu beproben.

Die Entnahme der Proben ist in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und dem zu erwartenden Schadstoffspektrum zeitnah nach Anlegen des Schurfs durchzuführen. Der Zeitpunkt ist im Protokoll zu vermerken.

Die Ausführungen der Bodenkundlichen Kartieranleitung, Kapitel 6 mit Abb. 21 sind zu beachten.

#### **Ergänzung: Wasserprobennahme**

Neben den in der BBodSchV geregelten Vorgehensweisen sind bei Untersuchungen auf Bundesliegenschaften auch die Probennahme und Analytik von Grund- und Oberflächenwasser zur Gefahrenbeurteilung erforderlich.

Für die Entnahme und Untersuchung von Wasserproben liegt eine Vielzahl von Normen, Regeln, Richtlinien und Handlungsempfehlungen vor (siehe Abschnitt 6), so dass an dieser Stelle nur eine zusammenfassende Darstellung erfolgt.

Grundwasser muss vor einer Beprobung erschlossen werden. Dies erfolgt in der Regel durch eine Grundwasser messstelle oder einen Brunnen. Jede Grundwassererschließung beeinträchtigt die Qualität des Grundwassers mehr oder weniger stark. DVGW-Merkblatt W115 (1977, überarbeitet: Gelbdruck Februar 2000) ist zu beachten.

Für die Probennahme von Grundwasser gelten DIN 38402-A13: 12.85 und ISO 5667-11: 03.93. DWVK-Regel 128/1992 und das DWVK-Merkblatt 245/1997 enthalten weitere Anforderungen an Probennahmestellen, Untersuchungsumfang, Repräsentativität, Dokumentation und Auswertung. Methoden für die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit sind in DWVK-Schriften 125/1999 festgelegt.

Anforderungen an die Konservierung und Handhabung der Proben enthält darüber hinaus DIN EN ISO 5667-3: 04.96.

Die Vorgänge, die zur Schadstoffbefrachtung des zu untersuchenden Grundwassers führen (Konzentrationsgradienten, Löslichkeiten, Verteilungskoeffizienten, Kontaktzeiten, Fließwege usw.) sind vielfältig. Ansatzpunkt und Probennahmevergehensweise sind daher sorgfältig unter Berücksichtigung der jeweiligen Fragestellung zu planen. Besonderheiten des Einzelfalls sind so umfassend wie möglich zu dokumentieren.

Die Dokumentation muss alle Angaben über die Probennahmestelle, deren Umgebung, die Probennahmbedingungen, die Methode, die verwendeten Geräte und Mate-

rialien, das Probennahmepersonal und die Durchführung der Probennahme enthalten.

Bei abgepumpten Grundwasserproben ist es wichtig, Veränderungen in der Messstelle (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt, Wasserstand und abgepumpte Wassermenge/Förderrate) kontinuierlich aufzuzeichnen, um den geeigneten Zeitpunkt der Probenahme zu ermitteln und um die Vorgänge beim Abpumpen für die Interpretation der Analyse zu dokumentieren. DVGW-Merkblatt W112 (1983, überarbeitet: Gelbdruck Mai 2000) ist zu beachten.

Länderspezifische wasserrechtliche Vorschriften, z. B. hinsichtlich der Ableitung des geförderten Wassers bzw. der Entsorgung kontaminierten Wassers, sind zu berücksichtigen.

Die Entnahme von Wasserproben aus Oberflächengewässern wird in DIN 38402-A12: 06.85 (Stehende Gewässer) und DIN 38402-A15: 07.86 (Fließgewässer) geregelt.

Bei spezifischen Kontaminationen ist die Vorgehensweise dem Verhalten der zu erwartenden Schadstoffe anzupassen.

Die Beprobung sonstiger Wässer wie z. B. von Sickerwasser ist von der Aufgabenstellung abhängig. Die Anforderungen sind im Einzelfall zu definieren.

## 2.4.2 Bodenluft

*Für die Entnahme von Bodenluftproben gilt VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2.*

**Hinweis:** In der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98 werden verschiedene aktive Verfahren zur Beprobung der Bodenluft vorgestellt, um für unterschiedliche Messaufgaben angepasste Verfahrensvarianten anbieten zu können. Weiterhin werden dem Anwender Informationen gegeben, welche Randbedingungen neben der eigentlichen analytischen Bestimmung zusätzlich berücksichtigt und in die Beurteilung von Schadensfällen einbezogen werden müssen.

Die in der Richtlinie vorgestellten Verfahren sind Konventionsverfahren. Die mit unterschiedlichen Entnahmeverfahren gewonnenen Ergebnisse sind nicht vergleichbar. Rückschlüsse auf die tatsächlichen Schadstoffgehalte im Boden bzw. im Grundwasser sind nicht möglich. Daher können sie nicht zur Überprüfung von Grenzwertüberschreitungen herangezogen werden.

Im Zuge von Untersuchungen kontaminierter Flächen werden schrittweise neue Erkenntnisse auch zum Aufbau des Untergrundes gewonnen. Daraus können Änderungen bzw. Ergänzungen zur ursprünglich formulierten Fragestellung und Untersuchungsstrategie notwendig werden.

Alle Verfahrensvarianten der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98 weisen, bedingt durch geologische und technische Begebenheiten, begrenzte Einsatzmöglichkeiten auf. Um alle Untersuchungsaufgaben entsprechend Abschnitt A.2 bearbeiten zu können, muss ein Prüflaboratorium/Ingenieurbüro mehrere Varianten zur Bodenluftprobennahme aus der ungesättigten Bodenzone beherrschen. Dabei lässt die VDI-Richtlinie weitere geeignete Verfahrensvarianten zu, wenn sie exakt

beschrieben, ausreichend validiert und die Verfahrenskenngrößen bestimmt sind.

Wesentlich ist, dass die Fragestellung das Probennahmeverfahren bestimmt und nicht umgekehrt.

Gemäß VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98 wird unterschieden zwischen Verfahrensvarianten mit Probenahme aus Bohrlöchern und Sondierungen (d. h., Einbringen einer Probenentnahmesonde ohne Vorbohrung) sowie Verfahren mit Anreicherung und Direktmessung.

### Ergänzung:

## **A Allgemeine Anforderungen**

### **A.1 Stoffe**

Viele als wassergefährdend eingestufte organische Stoffe können auf Grund ihrer hohen Flüchtigkeit in der Bodenluft nachgewiesen werden.

Zu dieser Stoffgruppe gehören insbesondere:

- leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe,
- leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe,
- andere niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe sowie andere flüchtige organische Verbindungen aus dem Bereich der Lösungsmittel (Ester, Ether, Alkohole, Ketone).

### **A.2 Untersuchungsaufgaben und Konzentrationsbereiche**

Folgende Aufgaben können mit Bodenluftuntersuchungen bearbeitet werden:

- I. Ermittlung der Art eines Schadens (Substanzen; Größenordnung der Konzentrationen)
- II. Lokalisierung von Eintragsstellen bzw. Schadenszentren
  - a) gezielte Erkundung auf Grund vorliegender Erkenntnisse über Nutzungsgeschichte und Handlungsabläufe
  - b) Untersuchung von Flächen ohne konkrete Hinweise auf mögliche Eintragsstellen (Rasteruntersuchungen)
- III. Übersicht über die Ausbreitung des Schadens in Tiefe und Fläche
- IV. Kartierung von Grundwasserverunreinigungen.

Aufgrund der oben genannten Aufgaben von Bodenluftuntersuchungen muss ein großes Konzentrationsintervall erfasst werden (Spurenbereich bis Sättigungskonzentration). Dazu sind in der Regel unterschiedliche Probennahmeverfahren notwendig:

Für die Aufgaben II.a und III kann der Konzentrationsbereich zwischen  $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $> 100.000.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $10^9 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 100 \text{g}/\text{m}^3$ ) liegen. Bevorzugt sind Probennahmeverfahren ohne Anreicherung einzusetzen: Direktmessung unter Verwendung von Gassammelgefäßen (Septumglas, Pasteur-Pipette). Für die Aufgaben II.b und IV müssen auch geringe Konzentrationen ( $< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zuverlässig erfasst werden und differenzierbar sein. Dazu sind Verfahren mit Anreicherung notwendig, z. B. Adsorption auf Aktivkohle oder XAD-Harz.

Bei orientierenden Untersuchungen sind in der Regel Anreicherungen durchzuführen, da die Höhe der auftretenden Konzentrationen sowie ihre Schwerpunkte meist noch nicht bekannt sind und die Konzentrationen über kurze Entfernungen stark schwanken können.

### A.3 Ort der Probennahme

Die Entnahmetiefe hängt von der Fragestellung der Untersuchungen und damit auch vom Untergrundaufbau ab. Bei der Erkundung von Grundwasserverunreinigungen sowie der vertikalen Eindringtiefe von Schadstoffen können Entnahmetiefen von 8 bis 12 m erforderlich sein (Aufgaben II – IV, Abschnitt A.2).

Um genaue Aussagen über die vertikale Schadstoffverteilung zu erhalten, muss die Bodenluft aus definierter Tiefe entnommen werden. Entsprechend klein ist der Einlassbereich des Entnahmesystems auszulegen (Länge maximal 10 cm).

Integrierende Probennahmen sind nicht zulässig, da eine nicht quantifizierbare Schadstoffausbreitung innerhalb des offenen Bohrloches stattfindet. Insbesondere bei heterogenem Untergrundaufbau mit stark unterschiedlichen Gasdurchlässigkeiten sind die Ergebnisse einer integrierenden Probennahme nicht interpretierbar.

Werden die Proben aus Bohrlöchern entnommen, ist eine Einengung des Probennahmebereiches vorzunehmen. Bei der Verwendung von Packern besteht eine erhöhte Gefahr von Querkontaminationen (Verschleppungen). Eine Dekontamination ist vor jeder Probennahme vorzunehmen. Die Blindwertfreiheit muss gewährleistet sein.

## B Technische Ausstattung

Die technische Mindestausstattung zur Bodenluftentnahme umfasst unter anderem folgende Gerätschaften:

- Elektromotorhammer zum Abteufen der Sonden bzw. Erstellen von Bohrlöchern mittels Kleinrammbohrungen
- Stromaggregat
- Schlag- oder Kernbohrgerät zum Durchteufen versiegelter bzw. befestigter Oberflächen
- Bodenluftsonden, Rammkernsonden für Kleinrammbohrungen
- Entnahmekopf mit Septum
- Pumpe für stufenlos regelbaren Volumenstrom
- Ziehgerät (hydraulisch oder mechanisch)
- Probengefäße bzw. Adsorptionsmittel
- Verbindungsschläuche
- Dekontaminationsmittel bzw. -geräte
- Glaskolbenspritze
- Deckelzange
- Vorrichtung zum Evakuieren (Unterdruckpumpe, großvolumige Glasspritze)
- Unterdruckanzeige (falls nicht an der Pumpe vorhanden).

Im Einzelnen werden folgende Anforderungen gestellt:

### B.1 Elektromotorhammer

Zum Abteufen der Sonden sind ausschließlich elektrotriebene Geräte zu verwenden, um mögliche Kontaminationen durch Abgase, Öl und Benzin von Motorhämmern auszuschließen.

Wird vor Ort zur Stromerzeugung ein Stromaggregat verwendet, ist dieses in ausreichender Entfernung vom Messpunkt aufzustellen, wobei die Windrichtung zu berücksichtigen ist. Aufstellung stets in Abluftrichtung (Lee). Auch Querkontaminationen im Umgang mit Kraftstoffen sind zu vermeiden.

### B.2 Bodenluftsonden

Die Bodenluftsonden müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- stabil
- leicht handhabbar
- adsorptionsfreies bzw. adsorptionsarmes Material (Stahl, Aluminium, Kupfer)
- geringes Totvolumen
- geringer vertikaler Einlassbereich (maximal 10 cm Länge)
- gasdichte Übergänge (bei Verlängerungen)
- gasdichter Abschluss der Sonde mit Septum.

### B.3 Pumpe

Die Bodenluft ist mittels einer Pumpe (z. B. Kolbenmembranpumpe) abzusaugen, deren Volumenstrom stufenlos regelbar ist. Die Durchflussrate beträgt, abhängig von der Durchlässigkeit des Untergrundes, zwischen 0,1 bis maximal 1 L/min.

Verfügt die Pumpe nicht über Anzeigen für Unterdruck und Volumenstrom, müssen für ein kontinuierliches Monitoring externe Instrumente verwendet werden. Das Manometer ist dann am Sondenkopf zu platzieren.

Das gesamte zur Probennahme eingesetzte Pumpsystem muss dicht sein.

### B.4 Probengefäße

Abhängig von der technischen Ausstattung des Gaschromatographen sind in Absprache mit dem Prüflaboratorium geeignete Septumgläser (Volumen in der Regel 10 bzw. 20 mL) zu verwenden. Die Verwendung von Pasteur-Pipetten ist auch möglich.

Zur Vermeidung von Adsorption sind PTFE-beschichtete Septen zu verwenden. Es sind Septen (aus Butylgummi) zu wählen, die nach dem Durchstechen wieder selbständig dichten. In Abhängigkeit von der gerätetechnischen Ausstattung sind bevorzugt Kappen aus Aluminium zu verwenden. Das Material der Kappen ist zu dokumentieren.

Die Gassammelgefäße und Septen sind vor der Probenahme auszuheizen.

Das Verschließen der Septumgläser ist mit äußerster Sorgfalt durchzuführen: Glasrand ohne Verschmutzungen, planaufliegendes Septum, sachgerechte Anwendung der Deckelzange, gleichmäßiges Anliegen der Kappe am unteren Rand des Glasrandes, Prüfung nach dem Verschließen: der Deckel darf sich auch nicht unter Kraftanwendung mit der Hand verdrehen lassen.

Septen, auch vom selben Hersteller, können große Qualitätsunterschiede aufweisen. Deshalb sind je Charge stichprobenartig Qualitätsprüfungen durchzuführen: Gaschromatographische Analyse auf leichtflüchtige Bestandteile des Septums sowie Dichtigkeit des durchstochenen Septums.

Prüfung: Verschließen des Septumglases, Septum mehrmals mit einer Kanüle durchstechen (mindestens fünf Einstiche), Unterdruck aufbringen, Unterdruck nach 48 h überprüfen (die Abweichung darf 10 Prozent nicht überschreiten).

## B.5 Adsorptionsmittel

Aktivkohle oder Adsorberharze mit Sicherheitszone; Typ und Hersteller sowie Extraktionsmittel sind anzugeben. Substanzspezifische Durchbruchsvolumina müssen bekannt sein.

## B.6 Verbindungsschläuche

Verbindungsschläuche und Leitungen von der Sonde zur Pumpe und/oder zum Adsorptionsmittel sind möglichst kurz zu halten und häufig zu erneuern. Sie müssen aus adsorptionsfreien bzw. adsorptionsarmen Materialien (z. B. HDPE) bestehen. Auf Blindwertfreiheit ist zu achten.

## C Probennahmestrategie

Die Lage der Messstellen orientiert sich an den Erkenntnissen der historischen Erkundung bzw. den Produktions- und Handlungsabläufen. Potentielle Eintragsstellen bzw. Schadenszentren sind im Zuge der orientierenden Erkundung zu erfassen.

Zur Festlegung der Entnahmetiefe und zur Interpretation der Bodenluftuntersuchungsergebnisse sind detaillierte Kenntnisse über den Untergrundaufbau notwendig. Liegen keine Erkenntnisse über den Untergrundaufbau vor, ist dieser zunächst mittels Kleinrammbohrungen (oder anderer geeigneter Verfahren) zu erkunden. Diese Bohrlöcher können zur Entnahme von Bodenluftproben unter Einhaltung der oben genannten Anforderungen, d. h. zeitnah nach ihrem Anlegen, verwendet werden. Alternativ kann eine Sondierung in der Nähe des Aufschlusses durchgeführt werden.

Aufgrund der in der Regel geringen Anzahl von Messstellen bei der orientierenden Erkundung ist auf besondere Sorgfalt bei der Durchführung der Untersuchungen zu achten, da die Ergebnisse Grundlage wesentlicher Entscheidungen sind.

Detailuntersuchungen zeichnen sich durch eine deutliche Erhöhung der Anzahl der Messstellen bei gleichzeitiger Verringerung der Abstände aus (zum Teil < 5 m). In wenigen Fällen ist der Untergrundaufbau derart heterogen, dass für jede Bodenluftprobe ein Aufschluss zur Erkundung des Untergrundes notwendig wäre. Sondierungen sind in der Regel ausreichend. Treten bei der Probennahme Auffälligkeiten auf z. B. starker Unterdruck, Wasser in der Sonde, sind diese zu dokumentieren und die Ursache ist bei Bedarf mittels zusätzlicher Kleinrammbohrungen zu erkunden.

Zur Optimierung der Probennahmeplanung sowie zur Reduzierung der Anzahl von Messstellen ist der Einsatz von Vor-Ort-Analytik (mobiles Messlabor mit Gaschromatographen) zu empfehlen.

## D Durchführung der Probennahme

### D.1 Allgemeine Anmerkungen

Bei der Entnahme der Bodenluftproben sind folgende Punkte zu beachten:

- Vor der Probennahme ist das System auf Dichtigkeit zu überprüfen (Beispiel zur Dichtigkeitsprüfung ist in der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98 beschrieben).
- Die Probe ist vor der Pumpe zu entnehmen bzw. der Adsorbent vor die Pumpe zu schalten.

- Es ist sicherzustellen, dass keine atmosphärische Luft oder Luft aus Bodenhorizonten, die nicht beprobt werden sollen, die Bodenluftprobe beeinflusst.
- Vor der Probennahme bzw. dem Einbringen des Adsorptionsmittels ist mindestens das Zweifache des Totvolumens der Bodenluftsonde abzusaugen.
- Der Zeitraum zwischen Erstellen des Bohrloches bzw. Abteufen der Sondierung und der Probennahme muss für jeden Untersuchungspunkt festgelegt und gleich sein.
- Die Durchflussrate ist den Untergrundverhältnissen anzupassen und möglichst klein und konstant – bei geringem Unterdruck – zu halten (0,1 bis maximal 1,0 L/min); bei der Verwendung von Adsorptionsmitteln sind die Vorgaben des Herstellers zu beachten und zu dokumentieren.
- Alle bei der Probennahme mit Bodenluft in Kontakt gekommenen Bestandteile des Entnahmesystems sind entweder nur einmalig zu benutzen oder vor der Wiederverwendung zu dekontaminieren (von Messpunkt zu Messpunkt). Geeignete Dekontaminationsmaßnahmen sind: Ausheizen der Sonden mit einem Heißluftföhn, Auskochen der Spritzen in Wasser, Ausheizen von Kleinmaterial im Ofen. Sollten die Dekontaminationsmaßnahmen nicht vor Ort durchgeführt werden, ist darauf zu achten, dass genügend Sonden usw. mitgeführt werden.

### D.2 Probennahme zur Direktmessung über ein Gassammelgefäß

Prinzipiell ist dafür Sorge zu tragen, dass alle Proben unter gleichen Randbedingungen entnommen werden. Jeder Zwischenschritt stellt eine potentielle Fehlerquelle dar.

Zur Direktmessung der Bodenluft kommen zwei unterschiedliche Gassammelgefäße zur Anwendung: Septumglas sowie Pasteur-Pipette. Bei der Verwendung von Pasteur-Pipetten sind die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98, Variante 4 zu berücksichtigen.

Im Folgenden wird die direkte Bodenluftprobennahme unter Verwendung eines Septumglases mit der Unterdrucktechnik beschrieben:

- Abteufen der Sondierung
- Absaugen des zweifachen Totvolumens der Bodenluftsonde
- Übergang Pumpe-Sonde gasdicht schließen
- Pumpe abstellen
- Unterdruck in der Sonde abbauen lassen (mittels einer Glasspritze überprüfen)
- Die Entnahme der Bodenluft erfolgt mittels einer durch Ausheizen dekontaminierten, eingeschliffenen Glasspritze aus dem Entnahmekopf (Septum). Vor dem Abziehen der Spritze muss sich der Umgebungsdruck eingestellt haben.

Das Befüllen des verschlossenen Septumglases mit Bodenluft unter Nutzung der Unterdrucktechnik wird wie folgt beschrieben:

Ein verschlossenes Septumglas ist zunächst „randvoll“ gefüllt mit atmosphärischer Luft. Um in dieses Glas Bodenluft ohne Überdruck einfüllen zu können, muss es zunächst „entleert“ werden. Dazu ist es notwendig, das Septum zu

durchstechen und durch Anlegen eines Unterdruckes die Luft zu entnehmen.

#### **Erzeugung des erforderlichen Unterdruckes mit einem der beiden folgenden Verfahren:**

1. Das Septum wird mit einer Injektionsnadel, die über eine Leitung mit einer Hubkolbenpumpe verbunden ist, durchstochen und die Luft abgepumpt. Dabei wird eine Druckreduzierung auf etwa 50 mbar erzeugt, d. h., das Glas wird annähernd vollständig evakuiert.
2. Das Septum wird mit einer Injektionsnadel durchstochen und mit Hilfe einer damit verbundenen Glasspritze ein definiertes Volumen an Luft entnommen. So lässt sich z. B. mit einer 50-mL-Glasspritze (Gesamtvolumen 55 mL) eine Druckreduzierung auf ca. 300 mbar erreichen. Das würde einem Luftvolumen von etwa 14 mL bei einem 21-mL-Septumglas entsprechen. Der erzeugte Unterdruck kann durch Verwendung von Spritzen unterschiedlichen Volumens variiert werden. Ein großer Unterdruck ist zu empfehlen, um die Bestimmungsgrenze möglichst niedrig zu halten.

#### **Überführung der Bodenluft in das „evakuierte“ Septumglas mit Hilfe der ausgeheizten gasdichten Glasspritze (Mindestvolumen 30 mL).**

Zum Befüllen der evakuierten Septumgläser muss durch den Unterdruck im Septumglas die Bodenluft aus der Spritze selbsttätig angesaugt werden. Dies ist gleichzeitig eine zusätzliche Prüfung der Dichtigkeit des Septumglases.

Das angesaugte Volumen ist zu dokumentieren (sowohl im Probennahmeprotokoll als auch im Prüfbericht) und bei der Berechnung der Messwerte zu berücksichtigen.

Die Septumgläser sollten unmittelbar vor der Probennahme vorbereitet (evakuiert) werden. Sie sind an einem Ort zu verschließen, der frei von jenen Stoffen ist, die es zu erkunden gilt. Werden die Septumgläser nicht unmittelbar vor der Probennahme evakuiert, müssen vom Labor Angaben über den angelegten Unterdruck bzw. das zu erwartende Bodenluftvolumen beigefügt sein.

Wichtig ist, dass die Kalibrierung für die nachfolgende Analytik unter ähnlichen Bedingungen erfolgt.

#### **D.3 Probennahme mit Anreicherungsverfahren – Adsorptionsmittel**

Bei der Verwendung von Adsorptionsmitteln sind die Vorgaben des Herstellers zu beachten. Detaillierte Hinweise zur Durchführung sind in der VDI-Richtlinie 3865 (Blatt 2 und 3) enthalten.

#### **E Probennahmeprotokolle bzw. -dokumentation**

Alle zur Identität und Analytik der Probe notwendigen Daten müssen erfasst werden. Dies sind im wesentlichen:

- Projektbezeichnung
- Bezeichnung der Entnahmestelle
- Probennahmedatum und Uhrzeit
- Entnahmetiefe
- ins Septumglas überführtes Bodenluftvolumen.

Ferner sind alle Beobachtungen, die möglicherweise direkt oder indirekt Einfluss auf das Messergebnis haben können, zu dokumentieren:

- Durchflussrate und -menge
- Unterdruck
- Totvolumen der Sonden abhängig von der Entnahmetiefe bzw. je laufendem Meter
- Entnahmeverfahren
- Besonderheiten und Beobachtungen bei der Probenahme, wie z. B. nasse Sondenspitze, Hinweise auf Untergundaufbau durch Sedimentreste an der Spitze
- Oberflächenbeschaffenheit (versiegelt, nicht versiegelt)
- Lufttemperatur und Luftdruck und deren zeitliche Entwicklung
- Niederschläge, Witterungsänderungen.

Alle obengenannten Angaben sind in einem Probennahmeprotokoll zu dokumentieren. Ein Muster eines Probennahmeprotokolls ist in der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: 01.98 enthalten.

#### **F Probentransport und -konservierung**

Aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften der zu untersuchenden Stoffe sind die Proben unter Lichtabschluss zu lagern und zu transportieren.

Die Proben müssen spätestens an dem auf den Entnahmetag folgenden Tag der Untersuchungsstelle übergeben werden. Um vergleichbare Werte für ein Probennahmeverfahren zu erhalten, (für verschiedene Verfahren sind die Werte ohnehin nicht vergleichbar), hat die Analyse der Proben binnen 24 Stunden nach Probeneingang zu erfolgen.

Werden oben genannte Fristen nicht eingehalten, ist von der Untersuchungsstelle (Probennahme und Labor) unter Berücksichtigung des Transports und der sachgerechten Lagerung die tolerierbare Lagerdauer der Proben experimentell zu belegen (z. B. an Hand von prüfgasbeschiedenen Proben in verschiedenen Konzentrationsstufen).

Es wird empfohlen, auch bei Einhaltung der Fristen generell eine Überprüfung der Lagerfähigkeit bezüglich der Stoffverluste vorzunehmen.

#### **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, Tabelle 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.*

#### **Ergänzung: Probengefäße**

Die Auswahl der erforderlichen Probengefäße und -behälter im Hinblick auf Material, Größe, Verschluss und Farbe ist von der Aufgabenstellung und von der Art der Kontamination abhängig. Die Probengefäße müssen so beschaffen sein, dass weder Schadstoffe in die Probe eingetragen noch an den Wandungen adsorbiert werden.

Für die Probennahme von Böden mit dem zu erwartenden Schadstoffspektrum sind im allgemeinen Glas- und/oder Kunststoffgefäße zu verwenden (siehe **Tabelle B**).

Bei Auftreten mäßig bis schwerflüchtiger Schadstoffe sind geeignete Materialien für die Verschlüsse der Probengefäße zu wählen, gegebenenfalls ist eine Aluminiumfolie in den Verschlussdeckel einzulegen.

Alle Proben sind sofort nach der Entnahme deutlich und dauerhaft zu beschriften.

**Tabelle B** Material der Probengefäße in Abhängigkeit von den zu bestimmenden Parametern

Parameter	Material des Probengefäßes
Schwermetalle, Arsen	Glas, Kunststoff
Organische Quecksilberverbindungen	Braunglas
MKW, PAK, PCB, Phenole	Braunglas
Leichtflüchtige organische Schadstoffe	gasdicht verschließbare Gläser

### 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.*

Ergänzung: Bei Auftreten nicht kontaminierter grober Bestandteile kann die Probenmenge durch Siebung im Gelände reduziert werden. Wird der Probenanteil > 2 mm Korndurchmesser vor Ort abgetrennt und dem Labor nicht zur Untersuchung übergeben, dann ist das Verhältnis von Grobanteil zu Feinanteil sowie der Trockenmassegehalt des Grobanteils getrennt zu bestimmen und 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.*

Ergänzung: Zur Bestimmung der Schwermetalle und weiterer Elemente ist die lufttrockene Bodenprobe auf 150 µm Korndurchmesser aufzumahlen.

*Für organische Schadstoffe ist E DIN ISO 14507: 02.96 anzuwenden.*

#### Ergänzung: Probenvorbehandlungsschritte

##### A Vorbemerkungen

Die Probenvorbehandlung umfasst Verfahrensschritte wie Teilen, Sieben, Konservieren, Homogenisieren, Trocknen, Zerkleinern, Mahlen, Auftrennen der Kornfraktionen, die ausgehend von der Feldprobe zur Erstellung einer repräsentativen Laborprobe erforderlich sind.

Die Probenvorbereitung umfasst Verfahrensschritte wie z. B. Aufschluss, Extraktion, Anreicherungs- und Reinigungsoperationen, die für die Schadstoffanalytik notwendig sind. Diese Verfahren werden bei den entsprechenden Analyseverfahren behandelt.

Generell ist zu beachten, dass jede Art der Probenvorbehandlung Einfluss auf die Bodeneigenschaften und das Verhalten chemischer Kontaminanten haben kann.

Die Auswahl des Probenvorbehandlungsverfahrens richtet sich nach der Art der durchzuführenden Prüfungen. Eine Übersicht gibt das Fließschema *Abb. D, Seite 19* der Ergänzungen.

In Abhängigkeit vom Größtkorn können relativ große Probenmengen anfallen. Eine Verjüngung der Probenmenge kann mittels Riffelteiler, Mischkreuz oder durch Vierteln erfolgen.

Um eine Gefährdungsabschätzung vornehmen zu können, ist das Aufstellen einer lückenlosen Massenbilanz der Kornfraktionen auf der Grundlage der Trockenmasse Voraussetzung. Deshalb sind im Gelände abgetrennte Anteile und die in ein Labor eingehende Probe sowie alle Anteile, die für Teiluntersuchungen eingesetzt werden, zu wägen und zu dokumentieren.

Leichtflüchtige organische Schadstoffe wie Benzol und einige Homologe, Naphthalin und leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe werden ohne Probenvorbehandlung aus der ungetrockneten Feldprobe analysiert. Dazu werden definierte Mengen des Probenmaterials vor Ort in gasdicht verschließbare Glasgefäße übergeführt und mit definierten Volumina Lösungsmittel gemäß Nummer 2.4.1 der Ergänzung überschichtet, gasdicht verschlossen und der Analyse zugeführt. Der Trockenmassenanteil (nach DIN ISO 11465: 12.96) ist gesondert in einer separaten Probe zu bestimmen. Dieser ist bei der Angabe der Analyseergebnisse zu berücksichtigen.

##### B Homogenisieren, Auftrennen in Kornfraktionen, Teilen

In der Regel wird die noch erdfeuchte Probe per Hand oder durch Einsatz einer geeigneten Vorrichtung homogenisiert.

Sind Untersuchungen vorgesehen, die keine Trennung von Kornfraktionen zulassen, so ist der erforderliche Probenanteil nach der Homogenisierung zu entnehmen.

In den häufigsten Fällen ist die feldfrische Probe zu homogenisieren und in die Kornfraktionen > 2 mm und < 2 mm aufzutrennen. Erdklumpen sind zu zerdrücken. Beide Fraktionen sind zu wägen, und es ist deren Trockenmassegehalt zu bestimmen. Der Probenanteil < 2 mm Korndurchmesser ist in jedem Fall zu analysieren. Er ist entsprechend der zu bestimmenden Parameter in den Anteil zu teilen,

der nicht getrocknet werden darf und den, der zu trocknen ist. Bei physikalisch-chemischen Untersuchungen und zur Bestimmung von Elementen ist nach DIN ISO 11 464: 12.96 zu verfahren.

### **C Hinweise zur Behandlung erdfeuchter Proben zur Bestimmung schwerflüchtiger organischer Schadstoffe**

Schwerflüchtige organische Substanzen können auch aus der erdfeuchten Probe analysiert werden, wenn es die Matrix erlaubt und ein geeignetes hydrophiles Lösungsmittel für die Extraktion eingesetzt werden kann (z. B. Aceton, Hexan/Aceton, Acetonitril, Methanol). Es ist die E DIN ISO 14507: 02.96 zu beachten.

Ist die Verwendung eines hydrophoben Lösungsmittels notwendig oder sinnvoller, insbesondere wenn der Schadstoffextrakt vor der Analytik Reinigungsoperationen unterzogen werden muss, dann wird das Probenmaterial durch Zusatz von wasserfreiem Natriumsulfat chemisch getrocknet

Chemische Trocknung und Vermahlung bei tiefen Temperaturen nach E DIN ISO 14507: 02.96 sind zweckmäßig, wenn der Schadstoff sehr inhomogen verteilt ist und die Anforderungen an die Repräsentativität des Untersuchungsergebnisses sehr hoch sind. Eine Probenvorbehandlung auf diesem Wege kann vorgenommen werden, wird gegenwärtig aber nicht gefordert.

### **D Trocknung, Bestimmung der Trockenmasse**

Im allgemeinen wird der Probenanteil mit einem Korndurchmesser < 2 mm getrocknet, der zur Bestimmung bodenkundlicher, physikalisch-chemischer sowie einer Vielzahl anorganischer und ausgewählter organischer Parameter vorgesehen ist.

Sind in einer Feldprobe nur die oben genannten Parameter zu bestimmen, so kann die gesamte Probe luftgetrocknet werden und die Trennung in Kornfraktionen sowie die Homogenisierung nach dem Trocknen erfolgen.

Der Trockenmassenanteil ist bei  $(105 \pm 5)$  °C nach DIN ISO 11465: 12.96 zu bestimmen. Alle Analyseergebnisse sind auf die so ermittelte Trockenmasse zu beziehen.

Die Trocknung kann an der Luft oder im Trockenschrank (< 40 °C) durchgeführt werden. Zur Beschleunigung des Trocknungsvorganges sind größere Bodenagglomerationen manuell zu zerdrücken, ebenso Agglomerate, die sich während der Trocknung bilden.

Gefriertrocknung des Probenmaterials ist vor der Analytik schwerflüchtiger Verbindungen möglich (siehe Dioxin-Analytik). Die Durchführung der Gefriertrocknung von Schlämmen ist in DIN 38414-S 22: 09.00 beschrieben.

*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 beschrei-*

*ben und zu dokumentieren, und deren Trockenmasseanteil ist zu bestimmen. Der Feinanteil ist zu homogenisieren und zu untersuchen.*

Ergänzung: Eine Auftrennung in Grob- und Feinanteil vor der Homogenisierung ist nur dann sinnvoll, wenn keine Untersuchungen aus der Originalsubstanz vorgesehen sind.

*Bestehen Anhaltspunkte für einen erhöhten Schadstoffgehalt der Fraktion > 2 mm, ist diese Fraktion zu gewinnen und nach Vorzerkleinerung und Homogenisierung ebenfalls zu untersuchen.*

Ergänzung: Eine Vereinigung mit dem vorher abgetrennten Feinanteil vor der Analyse ist nur in Ausnahmefällen zulässig und bedarf der Abstimmung mit dem Auftraggeber.

*Im Probenmaterial enthaltene Fremdmaterialien sind erforderlichenfalls getrennt zu untersuchen und bei der Bewertung zu berücksichtigen.*

Ergänzung: Fremdmaterialien können nur dann abgetrennt werden, wenn sie gut erkennbar und > 2 mm sind. Anderenfalls werden sie in den Fraktionen > 2 mm und < 2 mm Korndurchmesser miterfasst.

*Repräsentative Teile der im Feld entnommenen Proben sind als Rückstellproben aufzubewahren. Art und Umfang der Rückstellung sind nach den Erfordernissen des Einzelfalls zu vereinbaren.*

### Ergänzung: Wässrige Bodeneluate

Zur Elution anorganischer und schwerflüchtiger organischer Schadstoffe mit Wasser sind sowohl gestörte als auch ungestörte Bodenproben geeignet. Die Mobilität leichtflüchtiger organischer Schadstoffe wie BTEX und LHKW kann nur an ungestört entnommenem Material untersucht werden.

Die Probenvorbehandlung für Schüttel- und Säulenversuche an gestörten Bodenproben umfasst die bereits beschriebenen Schritte Homogenisieren und gegebenenfalls Trennen in die Kornfraktionen > 2 mm und < 2 mm Korndurchmesser der feldfrischen Probe. Für bestimmte Untersuchungen (z. B. Ammoniumnitratextraktion, DIN 19730: 06.97) kann die Probe auch luftgetrocknet werden. Die Herstellung von Eluaten ist unter Nummer 3.1.2 behandelt.

Weitgehend ungestörtes Bodenmaterial wird vor Ort in Linern entnommen. Eine Probenvorbehandlung ist nicht möglich. Die Bodenparameter, die zur Bewertung erforderlich sind, können erst nach Durchführung der Elutionen ermittelt werden. In diesen Fällen ist nach Elution und Analytik eine Probennachbehandlung erforderlich. Sie enthält alle Arbeitsgänge, die der Bestimmung physikalisch-chemischer oder bodenkundlicher Parameter vorausgegangen sind. Werden die Bodenparameter an Material aus Parallelbohrungen ermittelt, können beträchtliche Differenzen auftreten.

### Ergänzung: Prüfbericht

Die Vorgehensweise bei der Probenvorbehandlung ist im Prüfbericht des Laboratoriums entsprechend den Anforderungen nach DIN ISO 11464: 12.96 und E DIN ISO 14507: 02.96 zu dokumentieren.

Die Schadstoffgehalte sind auf die Trockenmasse (105 °C) der gesamten im Feld entnommenen Probe (Summe der Kornfraktionen < 2 mm und > 2 mm) zu beziehen. Werden die Schadstoffgehalte nur auf die Masse des Feianteils < 2 mm bezogen, ist es im Prüfbericht zu vermerken. In diesem Fall sind die Massenanteile aller Fraktionen (auch des bereits vor Ort abgetrennten Grobanteils) anzugeben, um eine Umrechnung auf die Masse der Gesamtprobe zu ermöglichen.

#### **Ergänzung: Probenmengen**

Die Probenmengen (siehe Tabelle C) beziehen sich auf Böden oder Bodenfraktionen < 2 mm. Zusätzliche Probenmengen für Rückstellproben sind nicht eingerechnet. Die für eine Gefährdungsabschätzung notwendigen Untersuchungen zur Bodencharakterisierung wie Korngrößenverteilung, Carbonatgehalt, Ton-, Humusgehalt und Dichte sind gemäß Tabelle 3 bzw. Nummer 3.3 durchzuführen.

#### **Ergänzung: Probenvorbehandlung**

Die Probenvorbehandlung erfolgt nach *Abb. D, Seite 19, Fließschema* zur Probenvorbehandlung

#### **Ergänzung: Wasser**

Bei der Probenvorbehandlung von Wasserproben sind DIN EN ISO 5667-3: 04.96 (A21), DWK-Regel 128/1992 sowie die in den Normen zur Schadstoffanalytik enthaltenen Hinweise zu beachten.

### **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 aufgemahlten Proben (Korngröße < 150 µm).*

#### **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.*

**Hinweis:** E DIN 19738: 05.2000 "Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial" sollte beachtet werden.

#### **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.*

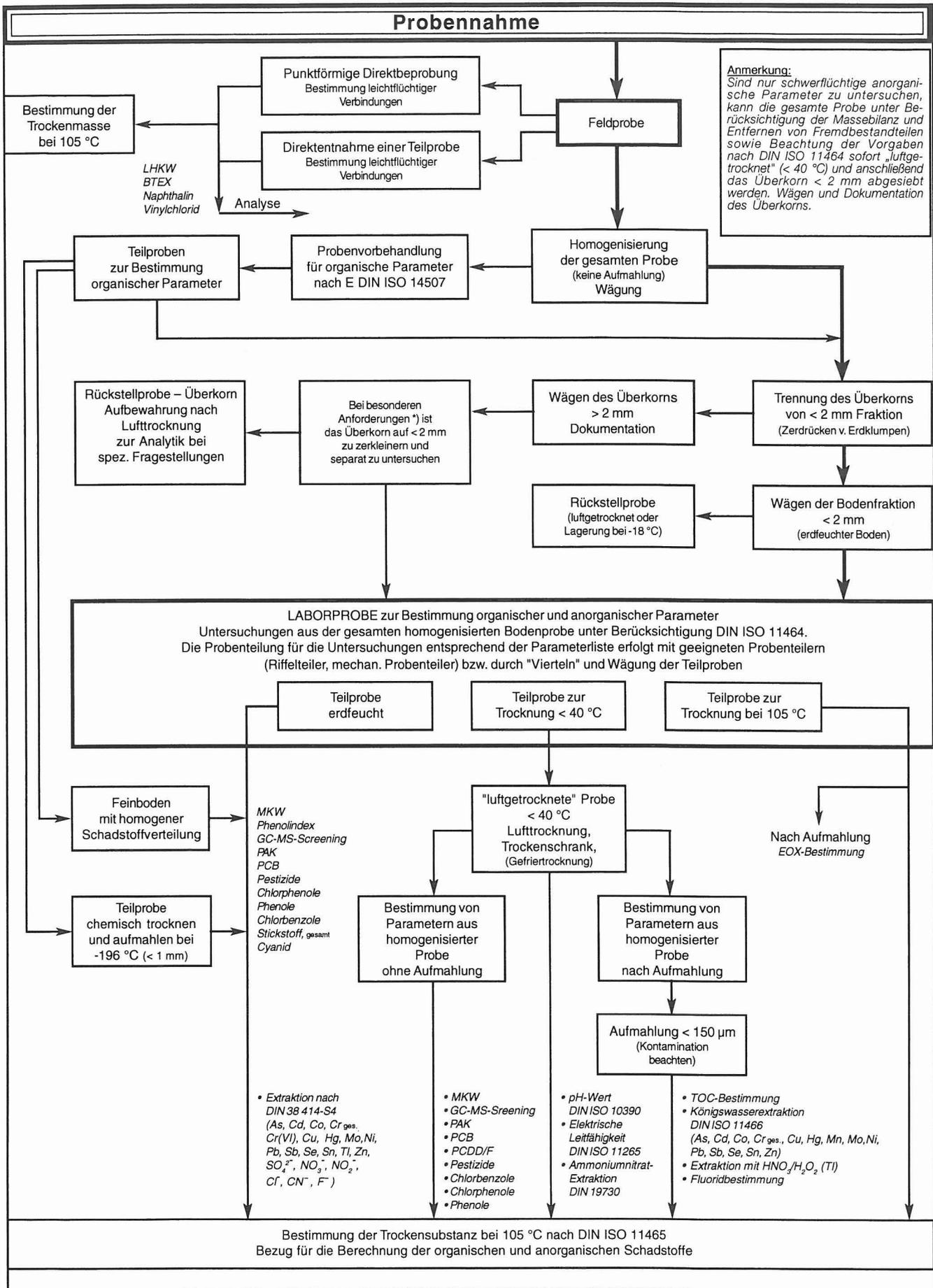
**Hinweis:** Ohne Verfahrensbeschreibung sind keine vergleichenden Bewertungen der Ergebnisse möglich. Zur Verbesserung der Datenlage und zur Erarbeitung von verbindlichen Vorgehensweisen bei der Sickerwasserprognose wird z. Z. das Verbundprojekt „Prognose des Schadstoffeintrags in das Grundwasser mit dem Sickerwasser“ durch das BMBF gefördert.

#### **(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 Prozent, bei lehmig/schluffigen Proben von ca. 35 Prozent und bei tonigen Proben von ca. 40 Prozent der Einwaage lufttrockenen 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 stehengelassen.*

*Zur Herstellung des Bodensättigungsextraktes wird das vorbereuchtete 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 lufttrockenen Bodens und zweimaliger Wasserzugabe wird das Boden/Wasser-Verhältnis berechnet. Dabei ist der Wassergehalt der lufttrockenen Probe an einem Aliquot separat zu erfassen (Trocknung bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz) und rechnerisch zu berücksichtigen.*



\* Unter Berücksichtigung von Nummer 3.1.1, C und D der OFD-H/BAM „Anforderungen an Probennahme, Probenvorbehandlung und chemischen Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften“

Abb. D Fließschema zur Probenvorbehandlung

**Tabelle 2** Verfahren zur Herstellung von Eluaten mit Wasser

Verfahren	Verfahrenshinweise	Methode
<b>anorganische Stoffe</b>		
Bodensättigungsextrakt	Verfahren siehe (1) Seite 18	
Elution mit Wasser	- 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
<b>organische Stoffe</b>		
Säulen- oder Lysimeter-versuch	Die zu erwartende Geschwindigkeit, mit der sich stoffspezifisch die Gleichgewichtskonzentration einstellt, ist zu beachten.	

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  $0,45 \mu\text{m}$  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 2000 g. Danach erfolgt das weitestgehend

**Tabelle C** Zusammenstellung der für die Bestimmung chemischer und physikalisch-chemischer Parameter mindestens erforderlichen Probenmengen bei Doppelbestimmungen

Nr.	Parameter	Probenmengen in g TM	Bemerkungen
1	MKW	40	
2	Elemente, Schwermetalle	6	
3	Hg	6	
4	BTEX	40	
5	PAK	40	
6	LHKW	40	
7	Phenol-Index	40	
8	Phenole, Einzelbestimmung	40	
9	PCB	40	
10	Eluat (Anionen, Elemente, $\text{CN}^-$ , usw.)	200	Schüttelversuch
11	Trockenmasse	40	
12	Korngrößenverteilung	150	1*
13	Dichte	40	
14	Carbonat	10	
15	Glühverlust	60	
16	Elementaranalyse (C)	2	
17	pH-Wert	20	
18	Kationenaustauschkapazität	5	
19	Elektrische Leitfähigkeit	40	

1\* = Einfachbestimmung

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 Minuten noch unvollständig, wird sie abgebrochen und mit dem unvollständigen Filtrat weitergearbeitet.

Hinweis: der unter (2) aufgeführte Filtrationsschritt bezieht sich nur auf die Eluatherstellung nach DIN 38414 -4: 10.84.

### 3.1.3 Analysenverfahren

**Ergänzung:** Nicht für alle anstehenden Parameter zur Bodenuntersuchung sind zur Zeit standardisierte Messverfahren vorhanden. Aus diesem Grunde erfolgt ersatzweise, unter Berücksichtigung einer einheitlichen Probenvorbehandlung und speziellen Probenvorbereitung, die Analytbestimmung nach Verfahren zur Wasser-, Abfall- oder Luftuntersuchung. Diese Verfahren müssen dann entsprechend der Matrix Boden validiert werden. Unter den tatsächlichen gegebenen Labor-Messbedingungen ist der Anwendungsbereich, die Bestimmungsgrenze, die Präzision und Vergleichbarkeit hinsichtlich der robusten Anwendbarkeit zu ermitteln. Bei der Anwendung von Hausverfahren oder anderer, nicht aufgeführten Analysenverfahren zur Bodenanalytik, ist die Gleichwertigkeit an Hand von konkreten Vergleichsmessungen nachzuweisen. Als Vergleichsmessungen gelten Ringversuche oder andere Eignungsprüfungen sowie die analytische Bestimmung von Qualitätskontrollproben, vorzugsweise von zertifiziertem Referenzmaterial geeigneter Matrix- und Schadstoffkombination. In der BBodSchV nicht aufgeführte Parameter werden zusammen mit den empfohlenen Analysenverfahren in separaten Tabellen aufgeführt

In jedem Fall, sind Störungen durch hohe Säure-, Analyt- und Matrixkonzentrationen zu berücksichtigen. Die Dokumentation spezieller Abweichungen für andere Messverfahren mit Bezug auf die Matrix Boden erfolgt in Standardarbeitsanweisungen.

#### 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.

**Hinweis:** Anhang 2 BBodSchV vom 12. Juli 1999

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 3 Analyse physikalisch-chemischer Eigenschaften

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Bestimmung der Trockenmasse	feldfrische oder luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 11465: 12.96
Organischer Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung	luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 10694: 08.96
pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	Suspension der feldfrischen oder luftgetrockneten Bodenprobe in CaCl <sub>2</sub> -Lösung; c(CaCl <sub>2</sub> )= 0,01 mol/l	DIN ISO 10390: 05.97
Korngrößenverteilung	1) "Fingerprobe" im Gelände *)	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, 1994; DIN 19682-2: 04.97
	2) Siebung, Dispergierung, Pipett-Analyse *)	E DIN ISO 11277: 06.94 DIN 19683-2: 04.73
	3) Siebung, Dispergierung, Aräometer-methode	DIN 18123: 11.96 E DIN ISO 11277: 06.94
Rohdichte	Trocknung einer volumengerecht entnommenen Bodenprobe bei 105 °C, rückwiegen	E DIN ISO 11272: 01.94 DIN 19683-12: 04.73

\*) Empfohlene Methoden

**Hinweis zur Tabelle 3:** E DIN ISO 11277: 06.94 ist überarbeitet als ISO 11277: 05.98

#### Ergänzung zur Tabelle 3

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Spezifische elektrische Leitfähigkeit	luftgetrocknete Bodenproben	DIN ISO 11265: 06.97

**Tabelle 4** Analyse anorganischer Schadstoffgehalte

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	AAS	E DIN ISO 11047: 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 11885: 04.98
Arsen (As)	ET-AAS	In Analogie zu E DIN ISO 11047: 06.95
	Hydrid-AAS	DIN EN ISO 11969: 11.96
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik Bei der Probenvorbehandlung darf die Trocknungstemperatur 40 °C nicht überschreiten	DIN EN 1483: 08.97 Reduktion mit Zinn(II)-chlorid oder NaBH <sub>4</sub>
Chrom (VI)	1) Extraktion mit phosphatgepuffertem Aluminiumsulfatlösung	Spektralphotometrie DIN 19734: 01.99
	2) Elution mit Wasser, Abtrennung von Cr(III), Bestimmung von löslichem Cr(VI) in Böden	DIN 38405 - 24: 05.87
Cyanide		E DIN ISO 11262: 06.94

Ergänzung zur Tabelle 4

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
Aufschluss für die Bestimmung von Gesamt-Elementgehalten	1. Offener Säureaufschluss mit Fluss- und Perchlorsäure	ISO/DIS 14869-1: xx.98	
	2. Schmelzaufschluss für Hauptbestandteile, Lithium-Borat-Schmelze	ISO/DIS 14869-2: xx.98	
extrahierbare Elementgehalte: Co, Mn, Mo, Sb, Se, Sn, Zn, u. a.	nach Extraktion mit Königswasser nach DIN ISO 11466; Kalibrierung in gleicher Königswasserkonzentration, Fe, Ca, Al, Mg-Matrixanpassung und Messung mit innerem Standard, Berücksichtigung spektraler Störungen und Transport-problemen in Anwesenheit hoher Säure- und Matrixkonzentrationen; ICP-AES oder ICP-MS	DIN EN ISO 11885: 04.98 (E22) DIN 38406-E 29: 05.99	0,5 – 5 mg/kg < 0,5 mg/kg
Arsen (As), Antimon (Sb), Selen (Se)	nach Extraktion mit Königswasser nach DIN ISO 11466, Störungen durch hohe Matrixkonzentrationen, ETAAS und Hydrid-AAS	(Boden-Norm z. Z. in der Entwicklung)	0,05 mg/kg
Quecksilber (Hg)	Extraktion mit Königswasser nach DIN ISO 11466, Trocknungstemperatur darf 40 °C nicht überschreiten, AAS und AFS	ISO CD 16772 in Vorbereitung	0,03 mg/kg
Thallium (Tl)	Ca. 0,5 g Boden mit 2,5 mL HNO <sub>3</sub> (65%) und 1,5 mL H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (30%) im Druckaufschlussgefäß bei ca. 160 °C, > 80 bar, oder am Rückfluss 2 h extrahieren. Zeeman-ETAAS mit Palladium/ MgNO <sub>3</sub> Modifier, ETAAS	DIN 38406-E26: 07.97 (Boden-Norm z. Z. in der Entwicklung)	0,1 mg/kg
Zinn (Sn)	nach Extraktion mit Königswasser nach DIN ISO 11466, Störungen durch hohe Matrixkonzentrationen, ETAAS	in Analogie zu E DIN ISO 11047: 06.95	0,1 mg/kg
Leichtfreisetzbare und Gesamt-Cyanide	erdfeuchter Boden, < 2 mm, Destillation, Photometrie, Titration, Fließanalyse, nach dest. Abtrennung	überarbeitete Norm ISO/DIS 11262: 2001 E DIN EN ISO 14403: 05.98	0,1 bis 1 mg/kg
Gesamtfluorid	0,2 g Boden ≤ 2 mm, aufmahlen, ≤ 100 µm, 30 min sintern bei 950 °C mit 0,3 g ZnO und 1 g Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , mit Wasser extrahieren, mit HNO <sub>3</sub> auf pH=5,8 einstellen, auf 100 mL mit Wasser auffüllen. Mit F-sensitiver Elektrode elektrometrisch messen unter Einsatz von TISAB IV (1:1); Sinteraufschluss und ionometrische Bestimmung	DIN 51084: 07.90	20 mg/kg
Gesamtstickstoff	Kjeldahl – Aufschluss mit Titandioxid als Katalysator	DIN ISO 11261: 05.97	0,5 bis 1 mg/kg

**Tabelle 5** Analyse organischer Schadstoffgehalte

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK): 16 PAK (EPA) Benzo(a)pyren	Soxhlet-Extraktion mit Toluol, chromatographisches clean-up; Quantifizierung mittels GC-MS *)	Merkblatt Nr. 1 des LUA - NRW, 1994 *)
	Extraktion mit Tetrahydrofuran oder Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC-UV/DAD/F *)	Merkblatt Nr. 1 des LUA - NRW, 1994 *)
	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 13877: 06.95
	Extraktion mit einem Wasser/Aceton/Petrolether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-MS oder HPLC-UV/DAD/F	VDLUFÄ-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 10382: 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 14154: 10.97
Aldrin, DDT, HCH- Gemisch	Extraktion mit Petrolether oder Aceton/Petrolether-Gemisch, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS *)	E DIN ISO 10382: 02.98 *)
	Extraktion mit Wasser/Aceton/Petrolether-Gemisch; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	VDLUFÄ-Methodenbuch, Band VII
Polychlorierte Biphenyle (PCB): 6 PCB-Kongenerne (Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180 nach Ballschmied)	Extraktion mit Heptan oder Aceton/Petrolether, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich)	E DIN ISO 10382: 02.98
	Soxhlet-Extraktion mit Heptan, Hexan oder Pentan, chromatographische Reinigung an AgNO <sub>3</sub> / Kieselgelsäule; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich)	DIN 38414-20: 01.96
	Extraktion mit einem Wasser/Aceton/Petrolether-Gemisch in Gegenwart von NaCl; Quantifizierung mittels GC-ECD (GC-MS möglich)	VDLUFÄ-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 38414-24: 04.98, VDI-Richtlinie 3499, Blatt 1: 03.90

\*) Empfohlene Methode

Hinweis zur Tabelle 4

E DIN ISO 11 047: 06.95 ist überarbeitet als  
ISO 11 074: 05.98

Hinweis zur Tabelle 5

E DIN ISO 13 877: 06.95 ist überarbeitet als  
DIN ISO 13 877: 01.00

E DIN ISO 14154: 10.97 ist überarbeitet als  
E DIN ISO 14154: 06.98

DIN 38 414-S24: 06.98 ist überarbeitet als  
DIN 38 414-S24: 10.00

Ergänzung zur Tabelle 5

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
GC-MS-Screening, qualitative und <b>halbquantitative</b> Orientierungsanalyse	Extraktion mit Cyclohexan/Aceton (50 : 50) GC-MS Hausverfahren	Labor-Standardarbeitsanweisung	
Organischer Kohlenstoff u. Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung	luftgetrocknete Bodenproben, Kornfraktion $\leq 2$ mm, aufgemahlen auf $\leq 150$ $\mu$ m (Elementaranalyse)	DIN ISO 10694: 08.96	10 mg/kg
Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)	1. Trocknen mit Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Extraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan, chromatographische Reinigung, IR-Spektrometrie	ISO/TR 11046: 06.94	20 mg/kg
	2. Extraktion mit Aceton/Petrolether (50 : 50), Entfernung des Acetons GC-FID mit geeignetem Injektor	ISO DIS 16703: 12.00 *)	100 mg/kg
Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe, (BTEX) Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole, Styrole, Cumol, Trimethylbenzole und Naphtalin	1. Überschichten mit Methanol, überführen eines Aliquots in Wasser, Dampfmanalyse, GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	DIN 38407 F9-1: 05.91 *)	1 bis 10 mg/kg
	2. Extraktion mit Pentan GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	DIN 38407 F9-2: 05.91	1 bis 10 mg/kg
	3. Extraktion mit Methanol, Zugabe eines Aliquots zu Wasser im Ausblasbehälter (Purge vessel), Purge and Trap-Methode und Thermodesorption, GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	ISO DIS 15009: 12.98	0,1 mg/kg
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) 16 PAK (EPA): Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[ghi]perylen, Benzo[a]pyren, Chrysen, Dibenz[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren, Pyren	1. Extraktion mit Aceton/Cyclohexan, chromatographisches clean-up, GC-MS	Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994 *)	0,05 mg/kg je Einzelsubstanz
	2. Extraktion mit Methanol HPLC-UV/F	Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW, 1994 *)	0,05 mg/kg je Einzelsubstanz
	3. Extraktion mit Wasser / Aceton / Petrolether-Gemisch in Gegenwart von Natriumchlorid, GC-MS oder HPLC-UV/F	LfU HE, Handbuch Altlasten, Band 7, Wiesbaden 1998; E DIN 38414-S23: 03.2000	0,1 mg/kg je Einzelsubstanz 0,05 mg/kg je Einzelsubstanz
Chlorbenzole: Trichlorbenzole bis Hexachlorbenzol	1. Extraktion mit Aceton/Cyclohexan- oder Aceton/Petrolether-Gemisch, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernung des Acetons, GC-ECD oder GC-MS	ISO DIS 10382: 11.00 *)	0,01 bis 0,1 mg/kg
	2. Extraktion mit Pentan oder Cyclohexan GC-ECD	DIN 38407-F2: 02.93	0,01 bis 0,1 mg/kg
Phenol-Index	Aufschlännen der Probe mit VE-Wasser, pH = 0,5, Wasserdampfdestillation (20 g Probe und 150 mL Wasser, 100 mL abdestillieren), UV/VIS-Photometrie	DIN 38409-H16-3: 06.84	0,1 mg/kg
Chlorphenole	Extraktion mit Aceton/Hexan (50 : 50), Entfernung des Acetons, Derivatisierung mit Acetanhydrid, GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 14154: 06.98	0,2 bis 1 mg/kg
Phenole	Extraktion mit Aceton/Hexan (50:50), Entfernung des Acetons, Derivatisierung mit Acetanhydrid, GC-MS oder GC-FID	E DIN ISO 14154: 06.98	1 mg/kg

Fortsetzung der Ergänzung zur Tabelle 5

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	1. Überschichten mit Methanol, überführen eines Aliquots in Wasser, Dampfraumanalyse GC-ECD oder GC-MS	DIN EN ISO 10301: 08.97 (F4 *)	0,1 bis 1 mg/kg
	2. Extraktion mit Pentan GC-ECD oder GC-MS	DIN EN ISO 10301: 08.97 (F4)	0,1 bis 1 mg/kg
	3. Extraktion mit Methanol, Zugabe eines Aliquots zu Wasser im Ausblasbehälter (Purge vessel), Purge and Trap-Methode und Thermodesorption, GC-ECD oder GC-MS	ISO CD 15009: 12.98	0,01 mg/kg
Vinylchlorid (Chloethen)	Überschichten mit Methanol, überführen eines Aliquots in Wasser, Dampfraumanalyse GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	DIN 38413-P2: 05.88	5 mg/kg
Organochlorpestizide, Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe ohne PCB	1. Extraktion mit Petrolether/Aceton-Gemisch (50 : 50), ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernung des Acetons, GC-ECD oder GC-MS	E DIN ISO 10382: 02.98 *)	0,01 mg/kg
	2. Extraktion mit Aceton/Petrolether/NaCl-Gemisch, ggf. chromatographische Reinigung, GC-ECD oder GC-MS	VDLUFA Methodenbuch Band VII	0,1 mg/kg
Pflanzenschutzmittel (Herbizide)	Extraktion mit Aceton/Petrolether/NaCl-Gemisch, ggf. chromatographische Reinigung, HPLC-UV	ISO/DIS 11264: 10.00	0,01 mg/kg
Extraktion organisch gebundener Halogene (EOX)	Soxhlet-Extraktion mit Heptan, Verbrennen zu Halogenwasserstoffen und deren Bestimmung, Titration, Coulometrie	DIN 38414-S17: 11.89	0,2 bis 1 mg/kg

**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 den Tabellen 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, Tl, Zn	ICP-AES (ICP-MS möglich)	Auf der Grundlage DIN EN ISO 11885: 04.98 *)
Arsen (As), Antimon (Sb)	Hydrid-AAS	DIN EN ISO 11969: 11.96
Blei (Pb)	AAS	DIN 38406-6: 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 38405-24: 05.87 DIN EN ISO 10304-3: 11.97
Cobalt (Co)	AAS	DIN 38406-24: 03.93
Kupfer (Cu)	AAS	DIN 38406-7: 09.91
Nickel (Ni)	AAS	DIN 38406-11: 09.91
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik	DIN EN 1483: 08.97
Selen (Se)	AAS	DIN 38405-23: 10.94
Zink (Zn)	AAS	DIN 38406-8: 10.80
Cyanid (CN), gesamt	Spektralphotometrie	DIN 38405-13: 02.81 E DIN EN ISO 14403: 05.98
Cyanid (CN), leicht freisetzbar	Spektralphotometrie	DIN 38405-13: 02.81
Fluorid (F)	Fluoridsensitive Elektrode Ionenchromatographie	DIN 38405-4: 07.85 DIN EN ISO 10304-1: 04.95

\*) Durch geeignete Maßnahmen oder eine geeignete gerätetechnische Ausstattung ist die Bestimmungsgrenze dem Untersuchungsziel anzupassen.

**Ergänzung zur Tabelle 6**

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Cyanide	Spektralphotometrie	DIN 38405-D14: 12.88

**Hinweis:** Zur Verbesserung der Datenlage und zur Erarbeitung von verbindlichen Vorgehensweisen bei der Sickerwasserprognose wird z. Z. das Verbundprojekt „Prognose des Schadstoffeintrages in das Grundwasser mit Sickerwasser“ vom BMBF gefördert.

**Ergänzung:** Die folgenden Verfahren sind für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser geeignet.

**Tabelle D** Physikalisch-chemische Parameter zur Wasseruntersuchung

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Bestimmung der Färbung	Photometrie	DIN EN ISO 7887: 12.94 (C1)
Bestimmung der Trübung	Photometrie	DIN EN ISO 7027: 04.00 (C2)
Gesamtrockenrückstand und Glührückstand	Gravimetrie	DIN 38409-H1: 01.87
PH-Wert		DIN 38404-C5: 01.84
elektrische Leitfähigkeit		DIN EN 27888:11.93 (C8)
Bestimmung des gelösten Sauerstoffs	Elektrochemisch, Iodometrisch	DIN EN 25814: 11.92 (G22) DIN EN 25813: 01.93 (G21)

**Tabelle E** Bestimmung der Anionen zur Wasseruntersuchung

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
Fluorid, Bromid, Chlorid, Nitrat, o-Phosphat, Sulfat, Nitrit	Ionenchromatographie	DIN EN ISO 10304-1: 04.95 (D19)	0,05 bis 0,1 mg/L
Fluorid	Fluoridsensitive Elektrode	DIN 38405-D4: 07.85	0,2 mg/L
Cyanid	Fließanalytik	E DIN EN ISO 14403: 05.98	
Nitrat	UV/VIS-Photometrie Fließanalyse (CFA und FIA)	DIN 38405-D9: 05.79 DIN EN ISO 13395: 12.96 (D28)	0,5 mg/L 0,2 mg/L
Nitrit	UV/VIS-Photometrie Fließanalyse (CFA und FIA)	DIN EN 26777: 04.93 (D10) DIN EN ISO 13395: 12.96 (D28)	0,01 mg/L 0,01 mg/L
Sulfat	Titration	DIN 38405-D5: 01.85	20 mg/L
Sulfid	UV/VIS-Photometrie	DIN 38405-D26: 04.89	0,04 mg/L

**Tabelle F** Bestimmung der Elemente zur Wasseruntersuchung

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
As, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, Zn sowie Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, K, Sr, u.a.	Beachtung der Bestimmungsgrenzen und Störungen durch hohe Matrixkonzentrationen ICP-AES oder ICP-MS	DIN EN ISO 11885: 04.98 (E22) DIN 38406-29: 05.99 (E29)	0,05 bis 1 mg/L je nach Element und Analyselinie
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	UV/VIS-Photometrie Fließanalyse (CFA, FIA)	DIN 38406-E5:10.83 DIN EN ISO 11732: 09.97 (E23)	0,03 mg/L 0,1 mg/L
Antimon (Sb)	AAS	DIN 38405-D32: 05.2000	0,01 mg/L
Barium (Ba) und Strontium (Sr)	AAS	DIN 38406-E28: 05.98; analog für Sr	0,5 mg/L
Blei (Pb)	AAS	DIN 38406-E6: 07.98	0,5 bis 0,005 mg/L
Cadmium	AAS	DIN EN ISO 5961: 05.95 (E19)	0,05 bis 0,001 mg/L
Calcium (Ca) und Magnesium (Mg)	AAS	DIN EN ISO 7980: 07.00	0,2 bis 0,05 mg/L
Chrom (Cr), gesamt	AAS	DIN EN 1233: 08.96 (E10)	0,5 bis 0,005 mg/L
Chrom(VI)	UV/VIS-Photometrie Ionenchromatographie	DIN 38405-D24: 05.87 DIN EN ISO 10304-3: 11.97 (D22)	0,05 mg/L 0,05 mg/L
Eisen (Fe)	AAS	DIN 38406-E32: 05.00	5 bis 0,002 mg/L
Natrium (Na) und Kalium (K)	Flammenphotometrie AAS AAS	DIN ISO 9964-3: 08.96 (E27) DIN 38406-E14: 07.92 DIN 38406-E13: 07.92	1 - 2 mg/L
Cobalt (Co)	AAS	DIN 38406-E24: 03.93	0,2 bis 0,005 mg/L
Kupfer (Cu)	AAS	DIN 38406-E7: 09.91	0,1 bis 0,002 mg/L
Mangan (Mn)	AAS	DIN 38406-E33: 06.00	0,2 bis 0,001 mg/L
Nickel (Ni)	AAS	DIN 38406-E11: 09.91	0,5 bis 0,001 mg/L
Quecksilber (Hg)	AAS-Kaltdampftechnik AAS-Amalgamtechnik	DIN EN 1483: 08.97 (E12) DIN EN 12338: 10.98 (E31)	0,1 µg/L 0,01 µg/L
Thallium (Tl)	ETAAS	DIN 38406-E26: 07.97	0,002 mg/L
Zink (Zn)	AAS	DIN 38406-E8: 10.80	0,05 bis 0,0005 mg/L

**Tabelle G** Bestimmung von Summenparametern in Wasser

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	Titration	DIN 38409-H41: 12.80	15 mg/L
Phosphat (P), gesamt	Oxidativer Aufschluss , UV-VIS-Photometrie	DIN EN 1189: 12.96 (D11)	5 µg/L
Stickstoff (N), gesamt	Katalytische Reduktion, Destillation, Titration	DIN EN 25663: 11.93 (H11)	1 mg/L

**Tabelle 7** Bestimmung der Konzentration organischer Schadstoffe im Bodensickerwasser

<i>Untersuchungsparameter</i>	<i>Verfahrenshinweise</i>	<i>Methode</i>
<i>Benzol</i>	<i>GC-FID</i>	<i>DIN 38407-9: 05.91 *)</i>
<i>BTEX</i>	<i>GC-FID Matrixbelastung beachten</i>	<i>DIN 38407-9: 05.91</i>
<i>Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)</i>	<i>GC-ECD</i>	<i>DIN EN ISO 10301: 08.97</i>
<i>Aldrin</i>	<i>GC-ECD (GC-MS möglich)</i>	<i>DIN 38407-2: 02.93</i>
<i>DDT</i>	<i>GC-ECD (GC-MS möglich)</i>	<i>DIN 38407-2: 02.93</i>
<i>Phenole</i>	<i>GC-ECD</i>	<i>ISO/DIS 8165-2: 01.97</i>
<i>Chlorphenole</i>	<i>GC-ECD oder GC-MS</i>	<i>ISO/DIS 8165-2: 01.97</i>
<i>Chlorbenzole</i>	<i>GC-ECD (GC-MS möglich)</i>	<i>DIN 38407-2: 02.93</i>
<i>PCB, gesamt</i>	<i>GC-ECD</i> <i>GC-ECD oder GC-MS</i>	<i>DIN EN ISO 6468: 02.97</i> <i>DIN 51527-1: 05.87</i> <i>DIN 38407-3: 07.98</i>
<i>PAK, gesamt</i>	<i>HPLC-F</i>	<i>DIN 38407-8: 10.95</i>
<i>Naphthalin</i>	<i>GC-FID oder GC-MS</i>	<i>DIN 38407-9: 05.91</i>
<i>Mineralölkohlenwasserstoffe</i>	<i>Extraktion mit Petrolether, gaschromatographische Quantifizierung</i>	<i>nach ISO/TR 11046: 06.94</i>

\*) Anpassung der Bestimmungsgrenze erforderlich

**Hinweis zur Tabelle 7**

An der Normung der in der BBodSchV beschriebenen Verfahren der Sickerwassergewinnung im Labor zur anschließenden Bestimmung von schwerflüchtigen organischen Schadstoffen wird gearbeitet. Parameterspezifische Validierungen werden durchgeführt.

Die Verfahren zur Sickerwassergewinnung im Labor zur anschließenden Bestimmung der leichtflüchtigen organischen Schadstoffe werden wegen möglicher hoher Verluste der leichtflüchtigen organischen Komponenten modifiziert bzw. weiterentwickelt.

Zur Verbesserung der Datenlage und zur Erarbeitung von verbindlichen Vorgehensweisen bei der Sickerwasserprognose wird zur Zeit das Verbundprojekt „Prognose des Schadstoffeintrags in das Grundwasser mit dem Sickerwasser“ durch das BMBF gefördert.

Phenole: ISO/DIS 8165-2: 01.97 überarbeitet als ISO 8165-2: 07.99

Chlorphenole: DIN EN 12673 (F15): 05.99 mit GC-ECD oder GC-MS

**Ergänzung:** Die folgenden Verfahren sind für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser geeignet.

**Tabelle H** Bestimmung organischer Schadstoffe in Grund- und Oberflächenwasser

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode	Untere Anwendungsgrenze
Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)	Extraktion mit Aceton/Petrolether, chromatographische Reinigung, GC-FID	ISO FDIS 9377-2: 10.00 E DIN EN ISO 9377-4: 07.99 (H53)	0,1 mg/L
Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) Naphthalin, Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Stryrol, Cumol, Trimethylbenzole	1. Dampfraumanalyse, GC-MS oder GC-FID	DIN 38 407-F9-1: 05.91	5 µg/L
	2. Extraktion mit Pentan, GC-MS oder GC-FID	DIN 38 407-F9-2: 05.91	5 µg/L
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, 6 PAK nach TrinkwasserVO	Extraktion mit Hexan, HPLC-UV/F, GC-MS	DIN 38407-F18: 05.99	0,01 bis 0,1 µg/L
Chlorbenzole: Chlorbenzole bis Hexachlorbenzole	1. Extraktion mit Pentan oder Hexan, ggf. chromatographische Reinigung; GC-MS oder GC-ECD	DIN 38407-F2: 02.93	0,05 bis 0,5 µg/L
	2. Extraktion mit Pentan oder Hexan oder Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung, GC-MS oder GC-ECD	DIN EN ISO 6468: 02.97 (F1)	0,05 bis 5 µg/L
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	1. Dampfraumanalyse, GC-MS oder GC-ECD	DIN EN ISO 10301: 08.97 (F4) *)	0,01 bis 5 µg/L
	2. Extraktion mit Pentan, GC-MS oder GC-ECD	DIN EN ISO 10301: 08.97 (F4)	0,01 bis 5 µg/L
Vinylchlorid (Chlorethen)	Dampfraumanalyse, GC-MS oder GC-FID	DIN 38413-P2: 05.88	5 µg/L
Chlorphenole	Extraktion mit Hexan, Derivatisierung mit Acetanhydrid, GC-MS oder GC-ECD	DIN EN 12673 (F15): 05.99	0,1 µg/L
Phenole	1. Extraktion mit Hexan nach Ansäuern, Derivatisierung mit Pentafluorbenzoylchlorid, GC-ECD	ISO DIS 8165-2: 07.99	0,1 µg/L
	2. Extraktion mit Hexan nach Ansäuern, Derivatisierung mit Pentafluorbenzoylchlorid, GC-MS, GC-FID	DIN EN 12673 (F15): 05.99	1 µg/L
Organochlorpestizide und schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	Extraktion mit Hexan, chromatographische Reinigung, GC-ECD oder GC-MS	DIN 38407-F2: 02.93	0,01 µg/L
Polychlorierte Biphenyle (PCB), IUPAC Nr.: 28, 52, 101, 138, 153, 180	Extraktion mit Hexan, ggf. chromatographische Reinigung, GC-ECD oder GC-MS	E DIN 38407-F3: 07.98 DIN 38407-F2: 02.93	0,01 µg/L je Einzelsubstanz
Phenol-Index	ohne Destillation und Farbstoffextraktion mit Destillation und Farbstoffextraktion mit Destillation ohne Farbstoffextraktion UV/VIS-Photometrie	DIN 38 409-H 16-1: 06.84	0,01 mg/L
		DIN 38 409-H 16-2: 06.84	0,01 mg/L
		DIN 38 409-H 16-3: 06.84	0,01 mg/L
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	Adsorption an Aktivkohle, Verbrennung zu Halogenwasserstoffen und Bestimmung, Titration, Coulometrie	DIN EN 1485: 11.96 (H14)	0,01 mg/L

Extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX)	Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan, Verbrennung zu Halogenwasserstoffen und Bestimmung, Titration, Coulometrie	DIN 38409-H 8: 09.84	0,02 mg/L
Gesamt organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	Umsetzung des organisch gebundenen Kohlenstoffs zu CO <sub>2</sub>	DIN EN 1484: 08.97 (H14) ISO 8245: 03.99	0,1 mg/L
Pflanzenbehandlungsmittel (N- und P-haltig)	Anreicherung auf RP 18 Material, Elution durch Lösungsmittel, GC-PND	DIN 38 407-F6: 04.95 ISO 15913: 04.00	0,05 µg/L
Pflanzenbehandlungsmittel	Anreicherung auf RP 18 Material, Elution durch Lösungsmittel, HPLC-UV	DIN EN ISO 11369: 11.97 (F12)	0,05 µg/L
Phenoxyalkancarbonsäuren	nach Fest-Flüssigextraktion und Derivatisierung, GC-MS	DIN 38 407-F14: 10.94 DIN 38407-F20: 09.00	0,05 µg/L

### 3.2 Untersuchung von Bodenluft

Die Untersuchung von Bodenluft erfolgt nach VDI-Richtlinie 3865 Blatt 2 und 3.

#### Ergänzung:

**Tabelle I** Chemische Verfahren zur Bestimmung von Bodenluftproben

Untersuchungsparameter	Verfahrenshinweise	Methode
Niedrigsiedende organische Verbindungen	1. Anreicherung an Aktivkohle oder XAD-4 und Desorption mit organischem Lösungsmittel, GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	VDI 3865 Blatt 3: 06.98
	2. Direktverfahren oder Direktverfahren über Gassammelgefäße, GC-MS oder GC-FID oder GC-PID	E VDI 3865 Blatt 4: 07.99

### 3.3 Verfahren zur Abschätzung des Stoffeintrags aus Verdachtsflächen oder altlastenverdächtigen 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 Analysenergebnisse der Untersuchung von Sickerwasser, Grundwasser, Extrakten und Eluatensowie 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.

Hinweis: Zur Verbesserung der Datenlage und zur Erarbeitung von verbindlichen Vorgehensweisen bei der Sickerwasserprognose wird z. Z. das Verbundprojekt „Prognose des Schadstoffeintrags in das Grundwasser mit dem Sickerwasser“ durch das BMBF gefördert.

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 Rückhaltewirkung 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

**Hinweis:** Die hier in der BBodSchV gestellten Anforderungen können nur Mindestanforderungen in. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob diese ausreichend, das heißt, der Fragestellung angemessen sind.

### 4.1 Probennahme und Probenlagerung

*Die Festlegung der Probennahmestellen und der Beprobungstiefen sowie die Probennahme sind durch hierfür qualifiziertes Personal durchzuführen.*

**Ergänzung:** Zur Vermeidung von Informationsverlusten hat der Berichtersteller die Proben selbst zu entnehmen, mindestens aber bei der Probennahme anwesend zu sein.

*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, berechtigter Nachdruck 1996*
- *Schichtenverzeichnis*
- *Entnahmeverfahren*
- *ehemaliger und gegenwärtiger Flächennutzung, Vorkenntnissen zu Kontaminationen.*

*Bestehende Normen, Regelungen der Länder und fachliche Regeln zur Qualitätssicherung sind zu beachten.*

**Ergänzung:** Die einheitliche Probenansprache und -dokumentation ist eine wesentliche Voraussetzung für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse.

Zusätzlich zu den in Anhang 1 der BBodSchV aufgeführten Punkten sind für die Protokollierung von Untersuchungen auf Bundesliegenschaften von besonderer Bedeutung:

- Probenbezeichnung
- Lageskizze der Probennahmepunkte bzw. -flächen
- Meteorologische Bedingungen
- Geologisches Aufschlussverfahren, Probennahmepunkte, -intervalle, -tiefe im Profil
- Beschreibung von Art, Lage und Verteilung von Fremdmaterialanteilen, Hinweise auf Kontaminationen, Auffälligkeiten usw.
- Probennahmeart (Einzelprobe, Mischprobe)
- Probennahmegeräte (Material)

- Angaben zu Probengefäßen und zur Probenkonservierung
- Angaben zu Untersuchungen vor Ort.

Die Ergebnisse der Bohrkernokumentation, die Aufnahme von Schürfen sowie anderer natürlicher und künstlicher Aufschlüsse sind grafisch darzustellen und gegebenenfalls durch Fotodokumentationen zu ergänzen. Zur Dokumentation ist der Symbolschlüssel Geologie des Schichtenerfassungsprogramms SEP des NLfB heranzuziehen.

Schürfe und ähnliche dreidimensionale Aufschlüsse sind auch in allen Dimensionen zu dokumentieren. Eine lineare Profilbeschreibung ist in der Regel nicht ausreichend!

#### **Hinweis:**

Die Profilbeschreibung erfolgte in der bisherigen Praxis überwiegend nach DIN 4022. Dass diese Norm in Abschnitt 6 des Anhangs 1 der BBodSchV nicht enthalten ist, bedeutet nicht, dass sie grundsätzlich nicht mehr zu verwenden ist. Sie berücksichtigt jedoch als Baugrundnorm nicht alle Aspekte der Untersuchung auf schädliche Bodenveränderungen und ist daher nur gemeinsam mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung anzuwenden.

### 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 45 001: 05.90.*

#### **Hinweis:**

Die Norm DIN EN 45 001 ist durch die weltweit gültige Norm DIN EN ISO/IEC 17 025: 04.00 ersetzt worden.

*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 Analyseergebnis ist eine Messunsicherheit gemäß DIN 1319-3: 05.96 und/oder DIN 1319-4: 12.85 anzugeben.*

**Hinweis:** DIN 1319-4:12.85 überarbeitet als DIN 1319-4: 02.99

**Ergänzung:** Erstellung von Prüfberichten

Prüfberichte sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025: 04.00 anzufertigen. Diese müssen zusätzlich zu den unter Punkt 5.10.3 angeführten Punkte weitere Angaben enthalten insbesondere zu:

- Entnahmeverfahren,
- Probenmenge,
- Datum der Probennahme (bei leichtflüchtigen Verbindungen auch Datum der Analyse),
- Bestimmungsgrenze und Messunsicherheit der Analyseergebnisse (Genauigkeit der eingesetzten Analyseverfahren in Verbindung mit der Homogenität der Untersuchungsprobe und der Probennahmeunsicherheit, falls diese bekannt ist)
- Analyseverfahren (mit Abweichungen)
- Massenanteile, Konzentrationen, Bezug des Ergebnisses auf Trockenmasse bei 105 °C.

Wegen der Bedeutung der auf die Untersuchungsergebnisse gestützten Entscheidungen sind im Zuge der Phase II a (orientierende Untersuchung) bei Bodenproben generell Doppelbestimmungen durchzuführen. Bei leichtflüchtigen Schadstoffen sind statt dessen zwei vergleichbare Proben (derselbe petrographische Bereich sowie annähernd identische Teufe) zu entnehmen und beide Proben sind zu untersuchen. Die Reihenfolge der Probennahme ist zu dokumentieren.

Im Zuge von Untersuchungen der Phase II b (Detailuntersuchung) sind bei etwa 20 Prozent der Proben Doppelbestimmungen bzw. bei leichtflüchtigen Schadstoffen Doppelproben in der Regel ausreichend.

Bei Wasser- und Bodenluftanalysen sind Doppelbestimmungen nicht regelmäßig erforderlich.

Führt das Prüflabor Doppel- oder Mehrfachbestimmungen gemäß Auftrag durch, sind alle erzielten Einzelwerte im Prüfbericht zu dokumentieren. Markante Wertestreuungen sind zu kommentieren.

Durch rechtzeitige Abstimmungen zwischen Probennehmer und Labor ist zu gewährleisten, dass für die Doppel- oder Mehrfachbestimmungen benötigten Probenmengen zur Verfügung stehen.

**Hinweis: Zur Bewertung**

Wie allgemein bekannt ist, haben auch die Probennahmestrategie, das gewählte geologische Aufschlussverfahren, die Probengewinnung, Probentransport und Lagerung entscheidenden Einfluss auf chemische Analyseergebnisse von Bodenproben. Die BBodSchV enthält keine konkreten Vorgehensweisen, sondern lässt angesichts der vielen möglichen Fragestellungen und Randbedingungen des Einzelfalles die Wahl geeigneter Verfahren offen. Allein hiermit ist schon begründet, warum Werte, die die BBodSchV zur Bewertung chemischer Analyseergebnisse als Maßstäbe zur Verfügung stellt, nur Orientierungswerte sein können. Diese sind mit entsprechender Vorsicht zu handhaben und können keinesfalls als alleinige Begründung für eine Entscheidung herangezogen werden.

## 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 = 1000 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<sup>2</sup> = 10000 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 (PCB<sub>6</sub>) 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

Fluoranthen

Pyren

Benz(a)anthracen

Chrysen

Benzo(b)fluoranthen

Benzo(k)fluoranthen

Benzo(a)pyren

Dibenz(a,h)anthracen

Indeno(1,2,3-cd)pyren

Benzo(g,h,i)perylene

#### Hinweis:

Das Verzeichnis der Normen beruht auf der Gliederung der BBodSchV und ist weitgehend nach steigender Zahlenreihe – unabhängig vom Prüfgebiet – geordnet. Aktualisierte Normen werden unter „Hinweisen“ und neu aufgenommene Normen unter „Ergänzung“ zitiert.

## 6 Normen, Technische Regeln und sonstige Methoden, Bezugsquellen

### 6.1 Normen

#### **DIN EN ISO 10301: 08.97**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe – Gaschromatographische Verfahren (ISO 10301: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 10 301:1997 (F4)

#### **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)

#### **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)

#### Ergänzung:

#### **E DIN ISO 10381-5: 12.98**

Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 5: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten (ISO/DIS 10381-5)

#### **E DIN ISO 10382: 02.98**

Bodenbeschaffenheit – Gaschromatographische Bestimmung des Gehaltes an polychlorierten Biphenylen (PCB) und Organopestiziden (OCP) (ISO/CD 10382:1995)

#### Hinweis:

#### **ISO/DIS 10382: 11.00**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von Organochlorpestiziden und polychlorierten Biphenylen – Gaschromatographisches Verfahren mittels Elektroneneinfangdetektor

#### **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

#### Hinweis:

#### **ISO/TR 11046: 06.94**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Mineralölgehaltes – Verfahren mittels Infrarot-Spektrometrie und gaschromatographisches Verfahren

#### **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)

#### Hinweis:

#### **ISO 11047: 05.98**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink – Flammen- und elektrothermisches Atomabsorptionsspektrometrisches Verfahren

#### Ergänzung:

#### **DIN ISO 11074-1: 06.97**

Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch – Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination (ISO 11074-1: 1996)

#### **ISO 11074-2:11.98**

Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch – Teil 2: Begriffe und Definitionen zur Probenahme

#### **DIN ISO 11261: 05.97**

Bodenbeschaffenheit- Bestimmung von Gesamtstickstoff – Modifiziertes Kjeldahl-Verfahren (ISO 11261: 1995)

#### **E DIN ISO 11262: 06.94**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von Cyaniden

#### Hinweis:

#### **E DIN ISO 11262: 06.94**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von Cyanid (ISO/CD 11262: 1993)

#### **ISO/DIS 11262: erscheint 2001**

Soil Quality – Determination of Cyanide

#### Ergänzung:

#### **ISO/DIS 11264: 10.00**

Soil quality - Determination of herbicides using HPLC with UV detection

**DIN ISO 11265: 06.97**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit (ISO 11265:1994/Cor.1:1996)

**E DIN ISO 11272: 01.94**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Trockenrohddichte (ISO/ DIS 11272: 1992)

Hinweis:**DIN ISO 11272: 01.01 (in Vorbereitung)**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Trockenrohddichte (ISO 11272:1998)

**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)

Hinweis:**ISO 11277: 05.98**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden – Verfahren mittels Sieben und Sedimentation

Ergänzung:**DIN EN ISO 11369: 11.97 (F 12)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung ausgewählter Pflanzenbehandlungsmittel – Verfahren mit der Hochoflösungs-Flüssigkeitschromatographie mit UV-Detektion nach Fest-Flüssig-Extraktion (ISO 11369: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 11369: 1997

**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)

Ergänzung:**DIN EN ISO 11732: 09.97 (E 23)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Ammoniumstickstoff mit der Fließanalyse (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion (ISO 11732: 1997); Deutsche Fassung EN ISO 11732: 1997

**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

Ergänzung:**DIN EN 1189: 12.96 (D 11)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Phosphor – Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat; Deutsche Fassung EN 1189:1996

**DIN EN ISO 11969: 11.96**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Arsen – Atomabsorptionsspektrometrie (Hybridverfahren)

**DIN EN 1233: 08.96**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Chrom – Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie; Deutsche Fassung EN 1233: 1996

Ergänzung:**DIN EN 12338: 10.98 (E 31)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Quecksilber – Verfahren nach Anreicherung durch Amalgamierung; Deutsche Fassung EN 12338: 1998

**DIN EN 12673: 05.99**

Wasserbeschaffenheit – Gaschromatographische Bestimmung einiger ausgewählter Chlorphenole in Wasser; Deutsche Fassung EN 12673: 1998

**DIN 1319-3: 05.9**

Grundlagen der Messtechnik – Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit

**DIN 1319-4: 12.85**

Grundbegriffe der Messtechnik; Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen

Hinweis:**DIN 1319-4: 02.99**

Grundlagen der Messtechnik – Teil 4: Auswertung von Messungen; Messunsicherheit

Ergänzung:**DIN EN ISO 13395: 12.96 (D 28)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion (ISO 13395: 1996); Deutsche Fassung EN ISO 13395: 1996

**E DIN ISO 13877: 06.95**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) – Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie-(HPLC) Verfahren (ISO/DIS 13877)

Hinweis:**DIN ISO 13877: 01.00**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen – Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie-(HPLC-) Verfahren (ISO 13877: 1998)

**E DIN ISO 14154: 10.97**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von ausgewählten Chlorphenolen in Böden – Gaschromatographisches Verfahren (ISO/CD 14154: 1997)

Hinweis:**E DIN ISO 14154: 06.98**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von ausgewählten Chlorphenolen in Böden – Gaschromatographisches Verfahren (ISO/CD 14154:1998)

**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

**E DIN ISO 14507: 02.96**

Bodenbeschaffenheit – Probenvorbehandlung für die Bestimmung von organischen Verunreinigungen in Böden (ISO/DIS 14507)

**DIN EN 1483: 08.97**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Quecksilber; Deutsche Fassung EN 1483: 1997 (E 12)

Ergänzung:

**DIN EN 1485: 11.96**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung adsorbierbarer organisch gebundener Halogene (AOX); Deutsche Fassung EN1485:1996

**ISO/DIS 14869-1: 02.98**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Gesamtgehalts von Spurenelementen – Teil 1: Aufschluss mit Flusssäure und Perchlorsäure

**ISO/DIS 14869-2: 02.98**

Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Gesamtgehalts von Spurenelementen – Teil 2: Alkalischer Schmelzaufschluss

**ISO/DIS 15009: 12.98**

Bodenbeschaffenheit – Gaschromatographische Bestimmung des Gehalts an flüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen, Naphthalen und flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen – Purge-und-Trap-Verfahren mit thermischer Desorption

**ISO 15913: 04.00**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung ausgewählter phenoxyalkanischer Herbizide, Bentazon und Hydroxynitrilen mittels Gaschromatographie und Massenspektrometrie nach Fest-Flüssig-Extraktion und Derivatisierung

**ISO/CD 16703: 12.00**

Soil quality – Determination of mineral oil content by gas chromatography

**ISO/CD 16772: XX.2001**

Soil Quality – Determination of Mercury in Aqua Regia Soil Extracts

**DIN EN ISO/IEC 17025: 04.00**

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025: 1999); Dreisprachige Fassung EN ISO/IEC 17025: 2000

**DIN 18123: 11.96**

Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung

**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

Hinweis:

Korrektur Ausgabedatum

**DIN 19683-2: 04.73**

**DIN 19683-12: 04.73**

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Rohdichte

Ergänzung:

**DIN 19684-3: 08.00**

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Chemische Laboruntersuchungen. Teil 3: Bestimmung des Glühverlustes und des Glührückstandes

**DIN 19711: 04.75**

Hydrogeologische Zeichen

**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 phosphatgepuffertter Lösung

Ergänzung:

**E DIN 19738: 05.00**

Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminierten Bodenmaterial

**DIN 19999: 05.84**

Begriffe im Wasserwesen – Übersicht über genormte Benennungen

**DIN EN 25663: 11.93**

Wasserbeschaffenheit; Bestimmung des Kjeldahl-Stickstoffs; Verfahren nach Aufschluß mit Selen (ISO 5663: 1984); Deutsche Fassung EN 25663: 1993

**DIN EN 25813: 01.93 (G 21)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des gelösten Sauerstoffs – Iodometrisches Verfahren (ISO 5813: 1983); Deutsche Fassung EN 25813: 1992

**DIN EN 25814: 11.92 (G 22)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des gelösten Sauerstoffs – Elektrochemisches Verfahren (ISO 5814: 1990); Deutsche Fassung EN 25814: 1992

**DIN EN 26777: 04.93 (D 10)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Nitrit – Spektrometrisches Verfahren (ISO 6777: 1984); Deutsche Fassung EN 26777: 1993

**DIN EN 27888: 11.93 (C 8)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (ISO 7888: 1985); Deutsche Fassung EN 27888: 1993

**DIN 32645: 05.94**

*Chemische Analytik – Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze – Ermittlung unter Wiederholungsbedingungen – Begriffe, Verfahren, Auswertung*

Ergänzung:

**DIN 38402-A 12: 06.85**

Probenahme aus stehenden Gewässern

**DIN 38402-A 13: 12.85**

Probenahme aus Grundwasserleitern

**DIN 38402-A 15: 07.86**

Probenahme aus Fließgewässern

**DIN 38404-C 5: 01.84**

Bestimmung des pH-Wertes

**DIN 38405-D 1: 12.85**

Bestimmung der Chlorid-Ionen

**DIN 38405 – 4: 07.85**

*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Fluorid (D 4)*

Ergänzung:

**DIN 38405-D 5: 01.85**

Bestimmung der Sulfat-Ionen

**DIN 38405-D 9: 05.79**

Bestimmung des Nitrat-Ions

**DIN 38405-13: 02.81**

*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Cyaniden (D 13)*

Ergänzung:

**DIN 38405-D 14: 12.88**

Bestimmung von Cyaniden in Trinkwasser und gering belastetem Grund- und Oberflächenwasser

**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)*

Hinweis:

Abweichung für Böden – Bestimmung aus dem Eluat nach **DIN 38414-S 4: 10.84**

Ergänzung:

**DIN 38405-D 26: 04.89**

Photometrische Bestimmung des gelösten Sulfids

**DIN 38405-D 32: 05.00**

Bestimmung von Antimon mittels Atomabsorptionsspektrometrie

**DIN 38406-E 5: 10.83**

Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs

**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)*

Ergänzung:

**DIN 38406-E 13: 07.92**

Bestimmung von Kalium mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) in der Luft-Acetylen-Flamme

**DIN 38406-E 14: 07.92**

Bestimmung von Natrium mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) in der Luft-Acetylen-Flamme

**DIN 38406-24: 03.93**

*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Cobalt mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 24)*

Ergänzung:

**DIN 38406-E 26: 07.97**

Bestimmung von Thallium mittels Atomabsorptionsspektrometrie im Graphitrohrfen

**DIN 38406-E 28: 05.98**

Bestimmung von gelöstem Barium mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)

**DIN 38406-E 29: 05.99**

Bestimmung von 61 Elementen durch Massenspektrometrie mit induktiv gekoppelten Plasma (ICP-MS)

**DIN 38406-E 32: 05.00**

Bestimmung von Eisen mittels Atomabsorptionsspektrometrie

**DIN 38406-E 33: 06.00**

Bestimmung von Mangan mittels Atomabsorptionsspektrometrie

**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)

Ergänzung:**DIN V 38407-F 6: 04.95**

Bestimmung ausgewählter organischer Stickstoff- und Phosphorverbindungen mittels Gaschromatographie nach Anreicherung durch Flüssig-Flüssig-Extraktion

**DIN 38407-8: 10.95**

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von sechs 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)

Ergänzung:**DIN 38407-F 14: 10.94**

Bestimmung von Phenoxyalkancarbonsäuren mittels Gaschromatographie und massenspektrometrischer Detektion nach Fest-Flüssig-Extraktion und Derivatisierung

**DIN 38407-F 18: 05.99**

Bestimmung von 15 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) durch Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenzdetektion

**DIN 38407-F 20: 09.00**

Bestimmung von Bentazon, Bromoxynil und acht ausgewählten Phenoxyalkancarbonsäuren mittels Gaschromatographie und massenspektrometrischer Detektion nach Fest-Flüssig-Extraktion und Derivatisierung

**DIN 38409-H 1: 01.87**

Bestimmung des Gesamttrockenrückstandes, des Filtrat-trockenrückstandes und des Glührückstandes

**DIN 38409-H 8: 09.84**

Bestimmung der extrahierbaren organisch gebundenen Halogene (EOX)

**DIN 38409-H 16: 06.84**

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H); Bestimmung des Phenol-Index

**DIN 38409-H 41: 12.80**

Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) im Bereich über 15 mg/L

**DIN 38413-P 2: 05.88**

Bestimmung von Vinylchlorid (Chlorethen) mittels gaschromatographischer Dampfraumanalyse

**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)

Ergänzung:**DIN 38414-S 17: 11.89**

Bestimmung von ausblasbaren und extrahierbaren, organisch gebundenen Halogenen

**DIN 38414-20: 01.96**

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Schlamm und Sedimente (Gruppe S) – Teil 20: Bestimmung von sechs polychlorierten Biphenylen (PCB) (S 20)

Ergänzung:**DIN 38414-S 22: 09.00**

Bestimmung des Gefriertrockenrückstandes und Herstellung der Gefriertrockenmasse eines Schlammes

**E DIN 38414-S 23: 03.2000**

Bestimmung von 15 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) durch Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) und Fluoreszenzdetektion

**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)

Hinweis:**DIN 38414-S 24: 10.00**

Bestimmung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF)

**DIN 4021: 10.90**

Baugrund – Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben

Ergänzung:**DIN 4022**

Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels

**Teil 1: 09.87** Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels

**Teil 2: 03.81** Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein)

**Teil 3: 05.82** Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein)

Hinweis:

Diese Normen sind nur in Verbindung mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung zu verwenden.

**DIN 4023: 03.84**

Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse

Hinweis:

Diese Norm ist nur in Verbindung mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung zu verwenden

**DIN 4030**

Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase  
Teil 1: 06.91 Grundlagen und Grenzwerte  
Teil 2: 06.91 Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben

**DIN 4049 Hydrologie**

Teil 1: 12.92 Grundbegriffe  
Teil 2: 04.90 Begriffe der Gewässerbeschaffenheit  
Teil 3: 10.94 Begriffe zur quantitativen Hydrologie  
Teil 5: 04.90 Begriffe – Unterirdisches Wasser

**E DIN 4124: 08.00**

Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

**DIN EN 45001: 05.90**

Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien; Identisch mit EN 45001: 1989

Ergänzung:**DIN 51084: 07.90**

Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren – Bestimmung des Gehaltes an Fluorid

Hinweis:

Bestimmung des Gesamtgehaltes, Abweichung für Böden – Schmelzaufschluss und ionometrische Messung

**DIN 51527-1: 05.87**

Prüfung von Mineralölerzeugnissen; Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) – Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung sechs ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen-Einfang-Detektor (ECD)

**DIN 52101: 03.88**

Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen – Probenahme

Hinweis:

Mit Erscheinen von DIN EN 932-1 wurde DIN 52101 ersetzt, bleibt jedoch Referenzverfahren nach BBod SchV

Ergänzung:**ISO 5667-1 Technical Corrigendum 1: 02.96**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen; Korrektur 1

**DIN EN 25667-2: 07.93**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 2: Anleitung zur Probenahmetechnik (ISO 5667-2: 1991); Deutsche Fassung EN 25667-2: 1993

**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)

Ergänzung:**ISO 5667-4: 04.87**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 4: Hinweise zur Probenahme aus natürlichen und künstlichen Seen

**ISO 5667-6: 12.90**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 6: Hinweise zur Probenahme aus Fließgewässern

**ISO 5667-11: 03.93**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 11: Hinweise zur Probenahme von Grundwasser

**ISO/DIS 5667-18: 10.99**

Wasserbeschaffenheit – Probenahme – Teil 18: Anleitung zur Probenahme von Grundwasser in belasteten Böden

**DIN EN ISO 5961: 05.95**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Cadmium durch Atomabsorptionsspektrometrie (ISO 5961: 1994); Deutsche Fassung EN ISO 5961: 1995 (E 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

Ergänzung:**DIN EN ISO 7027: 04.00 (C 2)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Trübung

**DIN EN ISO 7887: 12.94 (C 1)**

Wasserbeschaffenheit – Untersuchung und Bestimmung der Färbung

**DIN EN ISO 7980: 07.00 (E 3)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Calcium und Magnesium – Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie (ISO 7980: 1986); Deutsche Fassung EN ISO 7980: 2000

**ISO/DIS 8165-2: 01.97**

Water quality – Determination of Selected Monohydric Phenols by Derivatisation and Gas Chromatography

Hinweis:**ISO 8165-2: 07.99**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung ausgewählter Phenole – Teil 2: Verfahren mittels Derivatisierung und Gaschromatographie

**ISO 8245: 03.99**

Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)

**DIN EN 932-1: 11.96**

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Probenahmeverfahren; Deutsche Fassung EN 932-1: 1996

#### Ergänzung:

##### **ISO 9377-2: 10.00**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index – Teil 2: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie

##### **E DIN EN ISO 9377-4: 07.99 (H 53)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index – Teil 4: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie (ISO/DIS 9377-4: 1999); Deutsche Fassung prEN ISO 9377-4: 1999

##### **DIN ISO 9964-3: 08.96 (E 27)**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Natrium und Kalium mittels Flammenphotometrie

### **6.1.1 Technische Regeln und sonstige Methoden**

#### **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*

#### Hinweis:

ZH 1/183 wird ersetzt durch BGR 128/2000: Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit; BG-Regeln Kontaminierte Bereiche – Fachausschuß Tiefbau der BGZ, aktualisierte Fassung 2000, Carl Heymanns Verlag KG, Köln

**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)**

#### Hinweis:

**VDI-Richtlinie 3865: Messen organischer Bodenverunreinigungen**

**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 (Juni 1998)**

#### Ergänzung:

**E VDI-Richtlinie 3865: Messen organischer Bodenverunreinigungen**

**Blatt 4: Messen organischer Bodenverunreinigungen – Gaschromatographische Bestimmung von niedrigsiedenden organischen Verbindungen in Bodenluft durch Direktmessung (Juli 1999)**

**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, berechtigter Nachdruck Hannover 1996, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart***

#### Hinweis:

Die „Ergänzung der KA4 um stadtbodenspezifische Besonderheiten“ der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (Stand März 2000) ist zu beachten. Sie kann über das Geologische Landesamt NRW bezogen werden und soll in die Neuauflage der BK im Jahr 2002 eingearbeitet werden.

*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***

#### Ergänzung:

**Klärschlammverordnung Anhang 1: 04.92**

Punkt 1.3.3.2: Bestimmung der polychlorierten Dibenzodioxine und polychlorierten Dibenzofurane

**DVWK 129/1995**

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.: Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung – Teil I: Ansprache der Böden, DVWK- Regeln zur Wasserwirtschaft; H.129, 42 S., Bonn

**DVWK 136/1999**

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.: Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung - Teil II: Ableitungen zum Wasser- und Lufthaushalt von Böden, DVWK- Regeln zur Wasserwirtschaft; H. 136, 29 S., Bonn

**NLFB/BGR (1991)**

Symbolschlüssel Geologie, Hannover

**Umweltbundesamt (1995)**

Methodenhandbuch Bodenschutz I, UBA Texte 10/95

**Umweltbundesamt (1995)**

Handlungsanleitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden

Teil I Vorbemerkungen und theoretische Grundlagen

Teil II Handlungsanleitung, UBA Texte 26/95

#### **Arbeitskreis Stadtböden (1997)**

Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden), 2. Aufl., Teil 1: Feldführer, Teil 2: Handbuch, Kiel

#### **Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (2000)**

##### **Stadtbodenkartierung**

Ergänzung der KA4 um stadtbodenspezifische Besonderheiten

#### **Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (1996)**

Anleitung zur Entnahme von Bodenproben, Geol. Jb., Reihe G, H.1, Hannover 1996, 39 Seiten, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart

#### **ITVA (1995)**

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten: Arbeitshilfe F2-1, Aufschlussverfahren zur Feststoffprobengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten

#### **DVWK 125 (1999)**

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Methoden für die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit

#### **DVWK 128 (1992)**

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben, DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, H. 128, 36 Seiten

#### **DVWK Merkblatt 245 (1997)**

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen, DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, H. 245

#### **DVGW W 115: 02.77**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Bohrungen bei der Wassererschließung, DVGW-Regelwerk, Merkblatt W 115, 19 Seiten

#### **Hinweis:**

##### **DVGW-Merkblatt W 112 Entwurf: 05.00**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grundwasser

##### **DVGW W 115 Entwurf: 02.00**

Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser

##### **DVGW W 121: 10.88**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen, DVGW-Regelwerk, Merkblatt W 121, 19 Seiten

## **6.2 Bezugsquellen**

Die in dieser Verordnung aufgeführten Normen, Technischen Regeln und sonstige Methodenvorschriften sind zu beziehen:

- a) Handbuch der Bodenuntersuchung: Terminologie, Verfahrensvorschriften und Datenblätter; physikalische, chemische, biologische Untersuchungsverfahren: gesetzliche Regelwerke  
Hrsg.:DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin, Wien, Zürich: Beuth-Verlag  
Grundwerk – 2000  
ISBN 3-410-14590-7
- b) DIN- und ISO-Normen und Normentwürfe, VDI-Richtlinien:  
Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin
- c) Bodenkundliche Kartieranleitung:  
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 70176 Stuttgart
- d) VDLUFA-Methodenbuch:  
VDLUFA-Verlag, 64293 Darmstadt
- e) Merkblatt LUA NRW: Landesumweltamt NRW, 45023 Essen
- f) Handbuch Altlasten LfU HE: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 65022 Wiesbaden
- g) ZH 1/183: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuss Tiefbau, 81241 München

#### **Ergänzung:**

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Merkblätter:  
Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft, Bonn

DVWK Merkblätter: GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik,  
Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef