

Teilthema 2.2:

Gewinnung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserproben

Beitrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
2.2.1 Einleitung	3
2.2.2 Qualifikation der Probennehmer.....	4
2.2.3 Arbeitsschutz.....	5
2.2.4 Spartenerkundung	9
2.2.5 Boden-Aufschlussverfahren und Probennahme.....	10
2.2.5.1 Allgemeines	10
2.2.5.2 Bohrungen	12
2.2.5.2.1 Handbohrungen (siehe DIN 19671)	12
2.2.5.2.2 Kleinrammbohrungen (siehe DIN 4021).....	13
2.2.5.2.3 Rammkernbohrungen (siehe DIN 4021)	13
2.2.5.2.4 Rotationsbohrungen (siehe DIN 4021).....	14
2.2.5.2.5 Schlauchkernbohrungen (siehe DIN 4021)	14
2.2.5.2.6 Greiferbohrungen	14
2.2.5.3 Schürfe (siehe DIN 4021)	15
2.2.5.4 Sonderproben (Ungestörte Proben, siehe DIN 19672, Teil 1 und DIN 4021)	15
2.2.5.5 Probenentnahme	15
2.2.5.5.1 Probenmenge.....	17
2.2.5.5.1.1 Für chemische Untersuchungen.....	17
2.2.5.5.1.2 Für bodenphysikalische Untersuchungen	18
2.2.5.5.2 Probenteilung bzw. -reduktion zur Gewinnung der Laborprobe.....	18
2.2.5.5.3 Probenauswahl	19
2.2.5.6 Dokumentation - Bodenansprache und Probennah- meprotokoll.....	21
2.2.6 Bodenluft	24
2.2.6.1 Allgemeines	24
2.2.6.2 Grundsätzliche Strategien zur Qualitätssicherung (QS)	25
2.2.6.3 QS - Maßnahmen bei der Errichtung von Bodenluft- Messstellen.....	27
2.2.6.3.1 Errichtung temporärer Bodenluft-Messstellen.....	27
2.2.6.3.2 Errichtung stationärer Bodenluft-Messstellen	28
2.2.6.3.3 Entnahme von Bodenluftproben	28
2.2.6.3.3.1 Direktverfahren	29
2.2.6.3.3.1.1 Abfüllen in Gassammler (Gasmaus)	29
2.2.6.3.3.1.2 Abfüllen von Proben aus Absaugungen oder aus Kleinmengenentnahmen in Head-space-Gläschen oder abschmelzbare Glasröhrchen (Methode nach Neumayr)	30
2.2.6.3.3.2 Anreicherungsverfahren	31
2.2.6.3.3.2.1 Anreicherungsverfahren mit Bodenluftabsaugung.....	31
2.2.6.3.3.2.2 Passive Bodenluftmesssysteme.....	34
2.2.6.4 Probennahmen aus Bodenluftabsauganlagen (z. B. Absaugversuche, Sanierungsmaßnahmen).....	34
2.2.6.5 Dokumentation - Probennahmeprotokoll	35
2.2.7 Grundwasser	36
2.2.7.1 Allgemeines	36

2.2.7.2	Errichtung von Grundwassermessstellen	37
2.2.7.2.1	Bohrung	37
2.2.7.2.1.1	Bohrverfahren	37
2.2.7.2.1.2	Bohrdurchmesser	38
2.2.7.2.2	Ausbau	38
2.2.7.2.2.1	Filterstrecken	39
2.2.7.2.2.2	Vollrohrstrecken	39
2.2.7.2.2.3	Ringraum	39
2.2.7.2.2.4	Messstellenabschluss	41
2.2.7.2.3	Klarpumpen	41
2.2.7.2.4	Mehrfachmessstellen	41
2.2.7.3	Prüfen von Grundwassermessstellen	42
2.2.7.3.1	Kontrollen während des Baus	42
2.2.7.3.2	Abnahme und Erstuntersuchung nach Fertigstellung	42
2.2.7.3.3	Routinekontrollen während des Betriebs	42
2.2.7.3.4	Eignung und Sanierung vorhandener Grundwasser- messstellen	42
2.2.7.3.5	Rückbau von Grundwassermessstellen	43
2.2.7.4	Dokumentation von Grundwassermessstellen	43
2.2.7.5	Entnahme von Grundwasserproben	44
2.2.7.5.1	Probennahmegeräte und Vor-Ort-Messgeräte	44
2.2.7.5.2	Vorbereitung der Probennahme	44
2.2.7.5.3	Durchführung der Probennahme	45
2.2.7.5.3.1	Bestimmung der Vor-Ort-Parameter	46
2.2.7.5.3.2	Entnahme von Grundwasserproben	47
2.2.7.5.3.3	Entnahme von tiefenspezifischen Grundwasserpro ben	48
2.2.7.5.3.4	Abfüllen von Grundwasserproben	49
2.2.7.5.4	Dokumentation der Probennahme und Probenüber gabe	49
2.2.8	Literaturverzeichnis	51
2.2.9	Glossar	58
2.2.10	Abkürzungsverzeichnis	61
Anlage 1	Muster eines Formulars zur Anzeige von Bauarbeiten in kontaminierten Bereichen	62
Anlage 2	Muster eines Notfallausweises	63
Anlage 3	Gliederungsmuster einer Betriebsanweisung	64
Anlage 4	Muster eines Probennahmeprotokolls für Boden	65
Anlage 5	Muster eines Probennahmeprotokolls für Bodenluft	69
Anlage 6	Muster eines Probennahmeprotokolls für Grundwasser	71

2.2.1 Einleitung

Bei der Beurteilung von Altlasten kommt dem Komplex "Probennahme" eine entscheidende Bedeutung zu. Bei Altlastenuntersuchungen werden insbesondere aus den Umweltmedien

- Boden, Bodenmaterialien und sonstige Materialien
- Bodenluft
- Grundwasser

Proben zur Untersuchung gewonnen.

Unter dem Begriff **Boden** ist im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) die obere Schicht der Erdkruste einschließlich der flüssigen Bestandteile (Bodenlösung) und der gasförmigen Bestandteile (Bodenluft) zu verstehen, ohne Grundwasser und Gewässerbetten. Unter **Bodenmaterial** versteht man im Sinne der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) Material aus Böden und deren Ausgangssubstraten einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird. Als weiteres sind Auffüllungen aus Fremdstoffen, z. B. Bauschutt, Klärschlamm, Industrieabfälle, Müll und Schlacke, zu nennen, die ebenfalls mit Techniken der Bodenuntersuchungen geprüft werden.

Die Probennahme wirkt sich maßgeblich auf das Untersuchungsergebnis aus. Maßnahmen der Qualitätssicherung müssen daher die Probennahme einschließen. Wesentliche Kriterien der Qualitätssicherung der Probenahme sind:

- Auswahl der Probennahmestellen (Repräsentativität, Probennahmestrategie),
- Zeitpunkt der Probennahme (z. B. bei landwirtschaftl. genutzten Böden, Bodenluftentnahmen),
- Art, Homogenität und Menge des Probengutes,
- Probennahmetechnik (abhängig von der Art des zu beprobenden Mediums, Beprobungstiefe, benötigte Probenmenge),
- sachgerechte Entnahme und Abfüllung des Probenmaterials,
- Vermeidung von Schadstoffverschleppungen zwischen verschiedenen Probennahmepunkten und Beprobungstiefen,
- geeignete Probengefäße (Material, Dichtheit, Reinheit)
- Kennzeichnung der Gefäße (Etiketten, Beschriftung, Begleitblätter),
- sachgerechter Transport und sachgerechte Lagerung aller Proben bis zur Untersuchung,
- Dokumentation der Probenansprache, Skizze/Kartierung der Untersuchungsfläche und Einmessen der Probennahmestellen, die Beschriftung der Proben, etc. (Probennahmeprotokoll),
- Berücksichtigung der Art des Bodens und der vorangegangenen Nutzung.

2.2.2 Qualifikation der Probennehmer

Probenmaterial muss durch geschultes Fachpersonal gewonnen werden, das mit den speziellen Fragestellungen des Einzelfalles vertraut ist (z. B. zu erwartende Schadstoffpalette, Vorgaben zum Arbeitsschutz und Spartenerkundung). Die Probennehmer müssen Sachkunde aus den Bereichen Bodenkunde, Chemie und Geologie vorweisen sowie mit den verschiedenen Verfahren zur Schaffung von Aufschlüssen im Untergrund und den geeigneten Techniken zur Probengewinnung vertraut sein. Eine regelmäßige Teilnahme an weiterführenden Schulungen sollte deshalb für die Probennehmer verpflichtend sein. Für die Entnahme von Grundwasserproben sind Grundkenntnisse auf den Gebieten Wasserchemie, Hydrogeologie sowie Messstellen- und Brunnenbau erforderlich, um in der Lage zu sein,

- den Messstellen- bzw. Brunnenzustand zu beurteilen,
- die Geräte (Pumpen und Messgeräte zum Einsatz vor Ort) korrekt zu bedienen und zu warten und
- Besonderheiten (auffällige Sensorik usw.) beurteilen zu können.

Für die sachgerechte Probennahme sind die Probennehmer, letztendlich aber der Unterzeichner des Gutachtens/Untersuchungsberichts verantwortlich. Es muss sichergestellt sein, dass die Analytiker detaillierte Angaben über Art und Herkunft der Proben in Form eines Probennahmeprotokolls erhalten. Vorgaben zur Probennahme und zu beachtende Punkte sind vor der Probennahme zwischen Probennehmern und Analytikern durchzusprechen und in einem Probennahmeauftrag festzulegen.

2.2.3 Arbeitsschutz

Probennahmen sind aus Gründen der Arbeitssicherheit von mindestens zwei Personen durchzuführen. Bei Arbeiten auf Flächen mit Bodenbelastungsverdacht sind die Belange des Arbeitsschutzes, insbesondere die des persönlichen Schutzes des Probennehmers zu beachten. Eine besondere Gefahr stellt der mögliche direkte Kontakt mit festen, flüssigen und gasförmigen Schadstoffen bei Bohrarbeiten, der Errichtung von Bodenluft- und Grundwassermessstellen sowie der Probennahme dar. Der Auftraggeber ist verpflichtet, alle ihm vorliegenden Daten und Erkenntnisse zu möglichen Gefährdungen mitzuteilen. Bereits bei der Planung der Probennahme ist festzulegen, welche persönlichen Schutzausrüstungen mitzuführen sind. Der Auftragnehmer ist für eine entsprechende Sicherheitsunterweisung seiner Mitarbeiter verantwortlich.

Detaillierte Angaben sind hier den "Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183) vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften zu entnehmen (Muster eines Formulars zur Anzeige von Bauarbeiten in kontaminierten Bereichen, eines Notfall-Ausweises sowie einer Betriebsanweisung gemäß o. g. Richtlinie siehe Anlagen 1, 2 und 3).

Im Allgemeinen ist ein Mindestschutz gegeben, wenn Folgendes berücksichtigt wird:

– **Kopfschutz:**

Können Kopfverletzungen herbeigeführt werden, sind Schutzhelme nach DIN 4840 zu tragen.

– **Augenschutz:**

Besteht die Gefahr einer Augenverletzung z. B. durch Feinstäube, spritzende Flüssigkeiten, sind Schutzbrillen oder Schutzschirme nach EN 166 zu verwenden. Zusätzliche Informationen sind dem Merkblatt ZH 1/192 zu entnehmen.

– **Körperschutz:**

Informationen enthält das Schutzkleidungsmerkblatt ZH 1/105. Für Arbeiten auf kontaminierten Flächen existieren z. Zt. luftdurchlässige und luftundurchlässige Einwegschutzanzüge. Ihr Einsatz hängt von den jeweiligen Schad-/Gefahrstoffen ab.

– **Atemschutz:**

Atemschutz kann im Einzelfall notwendig sein. Der Einsatz richtet sich nach der Einhaltung des Grenzwertes (MAK/TRK-Wert siehe TRGS 900). Der Atemschutzträger hat sich vor Beginn der Tätigkeit einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung zu unterziehen. Informationen zum Atemschutz sind dem Atemschutzmerkblatt ZH 1/134 zu entnehmen.

Bei Verdacht auf flüchtige Schadstoffe oder Deponiegas und generell beim Arbeiten in Schächten, Schürfen ist ständig ein Combi-Warngerät zu betreiben, das z. B. brennbare Gase (Methan),

Sauerstoff-, Kohlenmonoxid- und Schwefelwasserstoffkonzentrationen messen kann. Zusätzlich ist die Luftqualität mit Fotoionisationsdetektor (PID) zu überwachen (CKW, Aromaten).

Bei so erkannter Luftbelastung (evtl. auch durch Staub) ist eine angemessene Atemschutzmaske - bei Arbeiten in Schürfen oder Schächten Vollatemschutz (aktiv oder passiv) - zu benutzen. Vor dem Einstieg in Schächte sollte prinzipiell die Verwendung alternativer Probennahmetechniken, die einen Einstieg entbehrlich machen, geprüft werden. Ist ein Begehen unvermeidlich, sollte Bergungsgerät vorgehalten werden. Höchstzulässige Tragezeiten der Atemschutzgeräte sind zu beachten.

– **Hand-/Fußschutz**

Angaben zu Schutzhandschuhen und Schuttschuhen sind den jeweiligen Merkblättern ZH 1/570 bzw. ZH 1/187 zu entnehmen.

Weit reichende Empfehlungen für eine Grundausrüstung des Probennehmers im Bereich Altlasten enthält Tabelle 1. Grundsätzlich sollten Personen, für die eine Gefährdung durch Schadstoffe nicht auszuschließen ist, einen Notfallausweis gemäß ZH 1/183 bei sich tragen.

Tab. 1: Grundausrüstung für eine Körperschutzausrüstung der Probennehmer im Bereich Altlasten (Empfehlung)¹ (ECKHOFF & KÜCHEN, 1991)

Generell anzuwenden			
Bezeichnung	Norm	Bemerkungen	Anwendung / Schutzziel
Bauschutzschuhe	EN 345	ohne Ledersohle	Betreten von Verdachtsflächen
Wetterjacke	prEN 343	abwaschbar, z. B. PU-beschichtet	auch ohne Probennahme
Rettungskoffer	DIN 13169	mit Augenspülflasche	
Anzuwenden im Einzelfall			
Bezeichnung	Norm	Bemerkungen	Anwendung / Schutzziel
Arbeitsschutzhelm	EN 397		Betreten von Gebäuden und bei Bohrarbeiten
Schutzschirm	EN 166	zusätzlich zu Helm	Spritzgefahr durch Sickerflüssigkeit
Einwegchemikalienanzug	prEN 1511 /1512	CE-Kategorie III	Kontaminationsgefahr der Kleidung
Partikelfilter	EN 149	Filterklasse beachten	Inhalationsschutz vor Stäuben
Schutzhandschuhe	EN 374	chemikalienbeständig, ev. Baumwollunterhandschuhe	
persönliche Schallschutzmittel	EN 352 - 1 EN 352 - 2	Kapselgehörschützer Gehörschutzstöpsel	lärmintensives Arbeiten, z. B. Bohrarbeiten mit > 90 dB (A)
Gas-Warn-Gerät		CH ₄ , O ₂	bei Betreten von Bereichen mit Gefährdung durch Gase, insbesondere unterhalb der Geländeoberkante (z. B. Schürfe)
Selbstretter		umluftunabhängig	

¹ Auf stark kontaminiertem Gelände und bei Gefahr einer hohen Exposition der Probennehmer können noch weitergehende Körperschutzmaßnahmen (z. B. Vollschutzanzüge, Atemschutzgeräte) notwendig werden.

Bei längerfristigen Expositionen sind u. U. ein arbeitsmedizinisches Untersuchungsprogramm sowie eine auf den Arbeitsschutz abgestimmte Baustelleneinrichtung (z. B. Schwarz-Weiß-Bereiche) erforderlich.

Im Zusammenhang mit Altlasten wurde den spezifischen Arbeitsschutzfragen, die sich aus dem Umgang mit belasteten Böden, Abfällen etc. ergeben, systematisch nachgegangen. Die zu beachtenden rechtlichen Regelungen und die gebotenen Vorbereitungen und Maßnahmen sind in einer Reihe von Publikationen aufgezeigt. Zusammenfassende Darstellungen mit weiterführenden Angaben finden sich u. a. in BURMEIER et al. 1990 und in FRANZIUS et al. 1988 ff sowie im 'Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle - Arbeitsschutz bei der Erkundung von Ablagerungen' des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 1994.

Neben den für Bauarbeiten allgemein geltenden Arbeitsschutzbestimmungen sind zusätzlich auch die Vorschriften für den Umgang mit Gefahrstoffen zu beachten. Diese sind vor allem in der Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)) enthalten, die u. a. auf § 19 des Chemikaliengesetzes basiert und seit dem 01.10.1986 in Kraft ist. Zu berücksichtigen sind insbesondere die §§ 14 - 36, die Anhänge II - IV sowie die dazugehörigen Technischen Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe/Gefahrstoffe (TRGA/TRGS) sowie die Biostoffverordnung vom Januar 1999.

2.2.4 Spartenerkundung

Sofern ein Verdacht auf das Vorhandensein von Kampfmitteln besteht, muss die Fläche vor der Probennahme vom Kampfmittelräumdienst freigegeben sein. Im Rahmen von Probennahmen muss sichergestellt sein, dass eine Beschädigung von Sachgütern (Ver- und Entsorgungs-, Kommunikationsleitungen, etc.) vermieden wird. Hierzu sind u. a. bei den zuständigen Behörden die aktuellen Leitungspläne einzusehen, und eine Flächenfreigabemappe ist zu erstellen. Die erforderlichen Erkundigungen sollten grundsätzlich durch den Auftraggeber durchgeführt werden. Die Zuständigkeiten hierfür sind jedoch vertraglich festzuschreiben.

Beim Vorhandensein von Leitungen in der Nähe von Bohr- oder Beprobungspunkten ist mit besonderer Sorgfalt (Vorschachtung von Hand bis 2 m Tiefe) zu arbeiten. Der Verlauf der Trassen ist auf die Feldkarten zu übertragen. Zusätzlich ist vor Beginn der Erdarbeiten die Sondierungsstelle mit einem Metallsuchgerät zu überprüfen.

Zu konsultierende Stellen:

- Fernmeldeämter
- Baubehörden
- Betreiber von Elektrizitäts-, Wasser-, Gaswerken, Fernleitungen, Abwasserleitungen

2.2.5 Boden-Aufschlussverfahren und Probennahme

2.2.5.1 Allgemeines

Werden die Proben nicht an der Bodenoberfläche entnommen, müssen geeignete Aufschlüsse im Untergrund geschaffen werden. Voraussetzung hierfür ist eine sorgfältige Sparten erkundung (Verlauf von Ver- und Entsorgungsleitungen). Je nach den geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten, der Art und Verteilung der Schadstoffe, der Fragestellung der Untersuchung sowie den Anforderungen an die Güte des Probenmaterials und die Probenmenge (s. Tabellen 2 und 3) bieten sich unterschiedliche Bohrverfahren oder das Anlegen von Schürfen an. Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über die im Folgenden beschriebenen Aufschlussverfahren.

Grundsätzlich soll das Probenmaterial bei der Entnahme in seiner chemischen, physikalischen und biologischen Beschaffenheit so wenig wie möglich gestört werden. Unzulässig sind wegen der dadurch eventuell ausgelösten chemischen Veränderungen bzw. Konzentrationsminderungen von Schadstoffen die

- Verwendung von Bohrspülungen,
- vermeidbare Erwärmung des Bohrgutes, v. a. bei Verdacht auf leichtflüchtige oder organische Schadstoffe,
- vermeidbare Auswaschung von Feinkornanteilen der Probe (z. B. bei Greiferbohrungen).

Durch geeignete Materialien der Probennahmegerätschaften und die Reinigung der Probennahmewerkzeuge vor jeder Probenentnahme müssen entnahmebedingte Kontaminationen von Proben zuverlässig ausgeschlossen werden. Die Verwendung von Lösungsmitteln ist zu vermeiden bzw. zu dokumentieren.

Der Bohrdurchmesser muss mindestens das Dreifache des Größtkorndurchmessers betragen (s. Tabelle 2). Unterschreitungen des Mindestbohrdurchmessers führen in der Regel zu Qualitätsminderungen bei der Probennahme.

Tab. 2: Erforderlicher Außendurchmesser in Abhängigkeit vom Größtkorn nach DIN 4021 und erforderliche Probenlänge je kg Probe (in Anlehnung an ITVA-Arbeitshilfe, 25.04.1994)

Außendurchmesser in mm	Innendurchmesser in mm	Größtkorn in mm	Probenlänge in mm / kg (ca.)
200	180	60	50
100	90	30	100
80	70	14	130
60	50	10	260
50	40	8	400

Tab 3 Güteklassen für Bodenproben nach DIN 4021 (Oktober 1990)

Güteklasse	Bodenproben unverändert in
1	Korngefüge, Schichtgefüge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Dichte des feuchten Bodens, Wasserdruchlässigkeit, Steifenmodul, Scherfestigkeit
2	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Dichte des feuchten Bodens, Wasserdruchlässigkeit
3	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt
4	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung
5	Schichtenfolge (unvollständige Bodenprobe)

**Tab. 4: Übersicht über Aufschlussverfahren bei der Altlastenerkundung
 (nach ITVA-Papier, 25.04.1994)**

Verfahren	Durchmesser in mm		Güteklasse		Nachteile	Fehlerquellen	Erkundungs-phase
Handbohrung	15 - 80	D/5	5 oder schlechter	sehr schnell und kostengünstig	nicht immer repräsentativ, nur bis max. 2m	Randkontaminationen ungenaue Profilansprache, Verluste flüchtiger Stoffe	Orientierung, Abgrenzung
Kleinrammbohrung	35 - 80	D/5	bestenfalls 2 in bindigem, bis 3 in rolligem Boden	kostengünstig, schnell, auch in Kellern, Häusern etc.	Kernverluste durch Stauchungen, Nachfall, Ausgasung	Ungenauigkeit im Profil, Randkontamination, Verluste flüchtiger Stoffe,	Orientierung, Abgrenzung
Rammkernbohrung	80 - 300	D/3	2 in bindigem, 3-2 in rolligen Böden	gute Kerne, auch unter Grundwasser einsetzbar	Erwärmung in festen Böden, Vermischung beim Auspressen in nichtbindigen Böden	Verluste flüchtiger Stoffe, Verschleppung von Schadstoffen	Orientierung, Abgrenzung, Detailuntersuchung, Sanierung
Rotationskernbohrung	65.- 200	D/3	bestenfalls 4 über Gw, 5 unter Gw	kostengünstig, große Probenmengen	Störung der Proben, Entmischung rolliger Böden, Erwärmung in festen Böden	Vermischung von Probengut, Verlust von Feinkorn unter Gw-Oberfläche, Verlust leichtflüchtiger Schadstoffe	Abgrenzung, Sanierung
Greiferbohrung	400 - 2500	D/2	3 über Gw, 5 bis 4 unter Gw	große Durchmesser, große Probenmengen, auch größtes Material	ungenau Profile, Störung der Proben, Entmischung unter Gw, Entsorgung	Vermischung von Probengut, Verlust von Feinkorn unter Gw-Oberfläche	Detailuntersuchung, (Sanierung)
Schlauchkernbohrung	80 - 200	D/3	2 bis 1	exakte Profile, kein Luft- und Wasserzutritt zum Probenmaterial, Schutz vor Entgasung	aufwendiges Verfahren, anfällig gegen Störkörper	Wechselwirkung mit Schlauchmaterial	Detailuntersuchung, Sanierung
Schurf (begehrbar)	beliebig		2 bis 1	exakte Profile, Lagerung erkennbar, jede Probenmenge und -güte	Arbeitsschutz, Verbau, Entsorgung, Platzbedarf	Luftzutritt, Ausgasung	Abgrenzung, Detailuntersuchung, Sanierung
Sonderprobe (ungestörte Probennahme)	50 - 200	D/3	1	hydraulische und bodenmechanische Parameter	aufwendiges Verfahren		Detailuntersuchung, Sanierungsplanung

2.2.5.2 Bohrungen

2.2.5.2.1 Handbohrungen (siehe DIN 19671)

Bis ca. 2 m Tiefe können Bohrstöcke (gebräuchlich sind auch die Bezeichnungen Rillenbohrer, Sondierbohrer, Peilstangengerät oder Bohrstock nach Pürckhauer) mit Hilfe eines Hammers von Hand eingeschlagen werden. Diese Aufschlussmethoden sind wegen ihrer leichten Handhabung einfach und schnell einsetzbar, aber in ihrer Aussagekraft wegen der eingeschränkten Güte (Güte-

klasse 5, s. Tabelle 3) der Aufschlüsse, z. B. in Hinblick auf die Schichtenfolge, begrenzt. Handdreh- und Bohrstockbohrung werden allenfalls bei der Voruntersuchung der obersten Bodenschichten von Altlastverdachtsflächen zur orientierenden Abschätzung der Belastungssituation angewandt. Handdrehbohrungen mit einer beidseitig offenen Bohrkammer werden zur Gewinnung gestörter Proben bis ca. 2 m Tiefe eingesetzt.

2.2.5.2.2 Kleinrammbohrungen (siehe DIN 4021)

Zur Untersuchung von Altlastverdachtsflächen sind Kleinrammbohrungen (auch kleinkalibrige Rammkernsondierungen genannt, erreichbare Tiefen ca. 5 - 10 m) weit verbreitet. Hierbei wird das Kernrohr oder Schlitzgestänge ebenso wie bei Kleindruckbohrungen ohne maschinelle Drehbewegung in den Untergrund getrieben. Zum Einsatz kommen tragbare benzin- oder strombetriebene Bohrhämmer oder an Fahrzeuge montierte hydraulische Bohrgeräte. Das Kernrohr sollte wegen der Stauchung des Bohrkerns nicht länger als 1 m sein. Die durch Randeffekte gestörten, mit dem Bohrgestänge in Kontakt stehenden Ränder des Bohrkerns wie auch der häufig durch Nachfall verfälschte obere Teil des Bohrkerns müssen bei der Probennahme verworfen werden. Weiterhin treten in nichtbindigen Böden vor allem unterhalb der Grundwasseroberfläche häufig erhebliche Kernverluste auf, was die Einsetzbarkeit des Aufschlussverfahrens einschränkt. Die Störeinflüsse an den Bohrkernrändern sowie Stauchungen des Bohrkerns sind bei einem Außendurchmesser des Bohrgestänges kleiner als 50 mm in der Regel nicht tolerierbar. Zur Gewinnung möglichst repräsentativer Bodenproben sowie einer möglichst detailgetreuen Aufnahme des Untergrundprofils (Güteklasse 3 bis 2 in bindigen, 4 bis 3 in rolligen Böden) ist in der Regel ein Außendurchmesser von 80 mm bei einem Innendurchmesser von 70 mm und einem Kernrohr von 1 m Länge zu empfehlen. Für die im allg. erforderliche Probenmenge von 1 kg ist bei einem Größtkorn von z. B. 14 mm eine Probenlänge von ca. 130 mm erforderlich (siehe Tabelle 2).

In begründeten Einzelfällen, z. B. im Rahmen der Voruntersuchungen, kann bei Kleinrammbohrungen ein Außendurchmesser von 50 mm ausreichend sein.

2.2.5.2.3 Rammkernbohrungen (siehe DIN 4021)

Mit Rammkernbohrungen können Bohrtiefen bis über 50 m erreicht werden. Ihr Einsatz erfolgt meist im Rahmen der Detailuntersuchung, wenn sich auf Grund der Vorerkundungen eine Untergrundkontamination bereits abgezeichnet hat, oder wenn das Grundwasser aufgeschlossen werden muss. Die Bohrdurchmesser liegen über 80 mm bis 300 mm und erlauben eine detaillierte Aufnahme des Untergrundprofils sowie eine repräsentative und teufenorientierte Beprobung unterschiedlicher Bodenschichten. Der Ausbau des Bohrlochs zur Grundwassermessstelle ist ab einem lichten Ausbaudurchmesser von 140 mm möglich (siehe z. B. Richtlinien des DVGW-Merkblatts W 121). Bei einem gewünschten Ausbaudurchmesser von 140 mm (entspricht 5-Zoll) hat der Bohrdurchmesser nach den v. g. Richtlinien $140 \text{ mm} + 2 \times 80 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$ zu betragen. Die hohe Proben-güte in bindigen Böden (Güteklasse 2 bis 1) geht in rolligen Böden vor allem unterhalb der Grund-

wasseroberfläche teilweise verloren (Güteklasse 3 bis 2). Für grobkörnige rollige Böden ist das Rammkernbohrverfahren nicht geeignet. Rammkernbohrungen mit Spülung sind ungeeignet.

2.2.5.2.4 Rotationsbohrungen (siehe DIN 4021)

Grundsätzlich sollten nur Rotations-Trockenkernbohrungen ohne Spülung verwendet werden. Sie werden mit Hilfe von Einfachkernrohren oder Hohlbohrschnecken ausgeführt und sind vor allem im bindigen Lockergestein einsetzbar. Die üblichen Außendurchmesser betragen 65 bis 300 mm, die Bohrtiefen reichen bis 30 m. Die Qualität der Proben unterhalb der Grundwasseroberfläche ist gering (Güteklasse 5), oberhalb des Grundwasserspiegels wird die Güteklasse 4 bis 3 erreicht. Zur Probennahme sollten vor allem die weitgehend unbeeinflussten Bereiche des Kernrohres benutzt werden.

2.2.5.2.5 Schlauchkernbohrungen (siehe DIN 4021)

Bei Schlauchkernbohrungen wird der Bohrkern beim Bohren mit einem Kunststoffschlauch oder einer Kunststoffhülse (Liner) umhüllt. Dadurch können Kontaminationen im Randbereich des Kerns, Sauerstoffzutritt und Verluste von flüchtigen Stoffen weitgehend vermieden werden. Das Verfahren erlaubt außerdem die Entnahme von fließenden Böden und Sedimentproben aus Gewässern. Die Qualität der Proben ist sehr gut (Güteklasse 2 bis 1). Störkörper oder grobes Material im Untergrund können den Schlauch beschädigen oder seine Füllung verhindern. Es ist zu beachten, dass das Schlauch- bzw. Linermaterial und die weitere Lagerung und Aufarbeitung der Bohrkerns den jeweils zu erwartenden Schadstoffen angepasst werden, da z. B. leicht flüchtige organische Stoffe Wechselwirkungen mit dem Schlauchmaterial eingehen können (Adsorption).

2.2.5.2.6 Greiferbohrungen

Greiferbohrungen kommen vor allem in lockeren, rolligen Böden und bei großen Bohrdurchmessern ab 400 mm bis 2500 mm zum Einsatz. Über dem Grundwasserspiegel wird die Güte der Proben mit 3 bewertet. Unter dem Grundwasserspiegel wird beim Heben des Greifers häufig Feinkorn aus der Probe ausgewaschen (Güteklasse 5 bis 4 bzw. ungeeignet).

Bei Greiferbohrungen ist die Beurteilung chemischer Untersuchungen nur eingeschränkt möglich, da eine genaue Schichtenzuordnung nicht möglich ist. Sie sollten nur eingesetzt werden, wenn große Probenmengen erforderlich sind. Das Bohrgerät muss schmierstofffrei sein.

2.2.5.3 Schürfe (siehe DIN 4021)

Die Anlage von Schürfen in standfesten Böden oberhalb des Grundwasserspiegels ist aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen nur in Tiefen bis 1,25 m zulässig. Bei tieferen Schürfen sind die Arbeitsschutzmaßnahmen und einschlägigen Sicherheitsvorschriften (z. B. DIN 4124 und DIN 18303) zwingend einzuhalten. Die Entsorgung von kontaminiertem Probenmaterial ist hier von besonderer Bedeutung. Aus einem begehbaren Schurf sind beliebige Probenmengen und Qualitäten gewinnbar. Nicht begehbare Schürfe liefern nicht horizontierte Proben und können nur für eine erste orientierende Erkundung herangezogen werden. Durch den großen Kontaktbereich der Aufschlusswand zur Umgebungsluft werden Oxidationsprozesse begünstigt, und leicht flüchtige Komponenten können entweichen. Deshalb ist für leichtflüchtige Stoffe dieses Aufschlussverfahren ungeeignet. Die Beprobung ist unmittelbar nach der Erstellung des Schurfs vorzunehmen, und der Oberflächenbereich der Schurfwandungen ist zu verwerfen.

2.2.5.4 Sonderproben (Ungestörte Proben, siehe DIN 19672, Teil 1 und DIN 4021)

Werden die hydraulischen und bodenmechanischen Parameter wie z. B. Wasser-, Luftdurchlässigkeit, Lagerungsdichte oder Kompressibilität untersucht, ist in der Regel die Entnahme von Sonderproben (Güteklasse 1) erforderlich. Dazu werden wenn möglich mehrere Einzelproben pro Horizont entnommen. Die DIN 4021 sieht Entnahmegерäte mit 50 bis 114 mm Innendurchmesser vor. Stechzylinder mit einem Volumen von ca. 100 cm³ (Höhe 5 cm) sind bei bodenkundlichen Untersuchungen weit verbreitet. Die Methode ist in steinigem und rolligen Böden nur eingeschränkt einsetzbar.

2.2.5.5 Probenentnahme

Die Zusammensetzung einer Bodenprobe kann sich durch den Entnahmevergänger aus verschiedenen Gründen ändern, wie z. B. durch

- Abrieb von Probennahmegeräten und -werkzeugen
- Schadstoffverschleppungen durch nicht gereinigte Gerätschaften
- Verflüchtigung von Schadstoffen bei zu langer offener Zwischenlagerung
- Verunreinigung durch Einfluss von Benzindämpfen oder Abgasen der motorbetriebenen Probennahmegeräte/Fahrzeuge
- Oxidationsprozesse beim Luftzutritt
- fotolytische Zersetzung bestimmter Schadstoffe durch Tages-/Sonnenlicht
- Veränderung durch mikrobiologische Aktivität

Verluste bei der Probennahme sowie beim Ab- und Umfüllen sind für leichtflüchtige organische Schadstoffe wie BTEX oder LHKW unvermeidbar. Sie sind durch schnelles Arbeiten mit den offengehandhabten Proben zu minimieren.

Eine hohe Reproduzierbarkeit der Messergebnisse wird maßgeblich durch die Vorgehensweise bei der Entnahme aus dem Probengewinnungsgerät bestimmt. In jedem Fall müssen die Proben zur Vermeidung von entnahmebedingten Kontaminationen verschleppungsfrei gewonnen werden. Von vorrangiger Bedeutung ist die Entnahmetechnik für die eindeutige Erfassung eines Kontaminationsherdes. Das bei Sondierungen mit dem Bohrstock oder der Rammkernsonde und bei Trockenkernbohrungen im Bohrloch nachgefallene Material muss ebenso wie Material aus den Kontaktbereichen zum Bohrgestänge verworfen werden, da durchteuftes Bohrgut an der Innenwand des Bohrgestänges bzw. - in weit geringerem Maße - des Kunststoffschlauchs anhaftet und in darunter liegende Tiefen verschleppt wird. Das genannte Verfahren der Bohrkernentnahme ist bei Aufschluss von Lockersedimenten wie z. B. Kies nicht oder nur bedingt möglich. Eine detaillierte Bodenansprache und die Dokumentation von "Nachfall" helfen jedoch, Falschergebnisse auf Grund von Verschleppungen richtig zu bewerten.

Um Kontaminationsverschleppungen bei der Entnahme von gestörten Proben aus Baggerschürfen zu vermeiden, sollten die Proben jeweils bei Änderung der Bodenzusammensetzung oder in festgelegten Tiefenstufen entnommen werden. Vor Beprobung einzelner Schichtungen aus der Wandung des Schurfs sind mögliche Verschleppungen von Kontaminationen zu entfernen.

Unabhängig vom Aufschlussverfahren ist generell darauf zu achten, dass die verwendeten Probennehmergeräte selbst keine Schadstoffe in messbaren Mengen abgeben. Um Verschleppungen von Probe zu Probe zu vermeiden, sind die Geräte nach jeder Entnahme zu reinigen. Im Fall anorganischer Kontaminationen genügt i. d. R. das Abspülen mit Wasser oder Abwischen mit Tüchern. Im Fall organischer Verunreinigungen kann die Reinigung mit einem geeigneten Lösungsmittel, z. B. Alkohol erforderlich sein. Das verunreinigte Lösungsmittel ist vor Ort in einem Gefäß aufzufangen (evtl. auch Mitnahme eines Trichters) und später ordnungsgemäß zu entsorgen. Die Verwendung von Lösungsmitteln ist zu dokumentieren und der Untersuchungsstelle mitzuteilen, da von diesen Lösungsmitteln Anteile in die Proben gelangen können. Darüberhinaus sind alle Quellen für Kontaminationen aus der Umgebung oder durch die Arbeitsgeräte zu minimieren. Verdachtsmomente auf Querkontaminationen sind der Untersuchungsstelle mitzuteilen.

Als Beispiele für solche Kontaminationen seien genannt:

- BTEX und Kohlenwasserstoffe aus dem Einfüllen von Benzin in Motorentanks (z. B. Stromaggregat)
- PAK und Kohlenwasserstoffe aus Auspuffabgasen von Motoren
- LHKW aus Kaltreinigern, von frischem Unterbodenschutz
- Lösungsmittel aus Klebstoffen

- Lösungsmittel aus Faserschreibern beim Beschriften der Probenbehälter
- Staub oder flüchtige Stoffe aus Anlagen in der Umgebung

Mögliche Hilfsaggregate (z. B. Stromaggregat) sind so aufzustellen, dass Probenkontaminationen oder -veränderungen ausgeschlossen werden können. Dabei sind Sonneneinstrahlung und Windrichtung zu berücksichtigen. Die Probenentnahme, die Aufnahme der Schichtenfolge und die Aufbewahrung der Probenbehälter vor Ort dürfen nicht in der Abluftfahne des Bohraggregates erfolgen. Es darf nicht geraucht werden. Die Proben sind vor Ort möglichst dunkel und gekühlt aufzubewahren.

Bohrfortschritt und Entnahme des Probenmaterials müssen insbesondere beim Vorhandensein von leichtflüchtigen Schadstoffen aufeinander abgestimmt sein. Der jeweils folgende Bohrmeter darf dabei erst dann gezogen werden, wenn der vorherige komplett aufgearbeitet worden ist, d. h. wenn die Bodenansprache und Probennahme abgeschlossen sind. Andernfalls kann es durch Verdampfen leichtflüchtiger Schadstoffe zu Minderbefunden kommen.

Außer diesen allgemeinen Vorgaben sind zu folgenden Entnahmeverfahren noch die aufgeführten Hinweise zu beachten.

- Probenentnahme aus Schürfen

Die Probenentnahme erfolgt unter Beachtung des Arbeitsschutzes direkt aus der vertikalen Stirnfläche des Schurfs. Damit ist eine Horizontzuordnung der Probe möglich. Die genaue Lage der Probennahmestelle ist im Probennahmeprotokoll zu notieren.

- Probenentnahme aus Schlauchkernen

Schlauchkernproben, die zur Untersuchung von flüchtigen Schadstoffen entnommen wurden, sollten soweit möglich erst in der Untersuchungsstelle geöffnet werden. Ist ein Öffnen vor Ort nicht zu umgehen, so müssen die Proben sofort entnommen und möglichst auch vor Ort für die Analyse vorbereitet werden.

2.2.5.5.1 Probenmenge

2.2.5.5.1.1 Für chemische Untersuchungen

Zur Gewährleistung einer repräsentativen und für die chemischen Laboruntersuchungen ausreichenden Probenmenge sind in der Regel etwa 1 - 2 kg Probenmaterial erforderlich, um insbesondere genügende Anteile der Feinfraktion zu erhalten. Können bestimmte Untersuchungen bei spezifischem Verdacht von vornherein ausgeschlossen werden, kann die Probenmenge nach Absprache mit der Untersuchungsstelle reduziert werden. Probenmengen für i. d. R. erforderliche Rückstellproben sind zu berücksichtigen.

Bei sehr inhomogenem Material und Material mit einem hohen Skelettgehalt (d. h. Material mit einem Durchmesser > 2 mm) sollte die Entnahmemenge ca. 4 kg umfassen, um eine ausreichende Menge an Feinanteil (1 - 2 kg) zu Gewähr leisten.

Im Allgemeinen richtet sich die zur Gewährleistung der Repräsentativität notwendige Probenmenge nach der maximalen Korngröße des zu untersuchenden Materials, so dass für kiesige bis steinige Substrate größere Entnahmemengen von z. T. > 4 kg erforderlich sind. Die erforderlichen Probenmengen errechnen sich dabei nach der LAGA-Richtlinie PN 2/78 (Stand 12.1983). Diese gibt das Mindestgewicht nach der Formel $G = 0,06 \times d$ an, wobei G das Gewicht der Probe in kg und d den maximalen Korndurchmesser in mm bedeuten.

Von Grobmaterialien, die möglicherweise Schadstoffe enthalten, sind repräsentative Anteile als Sonderproben zu entnehmen und für Einzelanalysen aufzubereiten. Ihr Massenanteil an der beprobten Schichteinheit ist zu dokumentieren.

2.2.5.5.1.2 Für bodenphysikalische Untersuchungen

Der Zusammenhang zwischen maximaler Korngröße und Mindestprobenmenge für bodenphysikalische Untersuchungen ist in Tabelle 6 gemäß DIN 18123 bzw. 19683, Teil 1 dargestellt.

Tab. 6: Zusammenhang zwischen Durchmesser des Größtkorns einer Probe und der erforderlichen Mindestprobenmenge für die Bestimmung der Korngrößenverteilung (aus DIN 18123 und DIN 19683, Teil 1)

Durchmesser des Größtkorns in mm	Mindestprobenmenge in g
2	150
5	300
10	700
20	2000
30	4000
40	7000

2.2.5.5.2 Probenteilung bzw. -reduktion zur Gewinnung der Laborprobe

Zur Probenteilung bei einer Greiferbohrung wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen (nicht für die Untersuchung von leichtflüchtigen, organischen Schadstoffen geeignet):

1. Bei Vorhandensein von groben Fremdbestandteilen (wie z. B. Holz, Plastik, Eisenteile usw.) werden diese vor dem Umfüllen des Materials in die Edelstahlimer von Hand aussortiert, ihre Gewichtsanteile abgeschätzt und im Probennahmeprotokoll notiert.
2. Aufbau von "Probenkreuzen" (bestehend aus Edelstahlplatten von ca. 5 mm Dicke; Höhe ca. 50 cm; Breite ca. 100 cm). An Stelle eines "Probenkreuzes" können auch vier zusammen-gestellte Boxen (Transportkisten) verwendet werden.
3. Entleerung des gesamten Probenmaterials (z. B. 1 - 2 Greiferfüllungen) über der Mitte des ersten Probenkreuzes, dadurch erfolgt ein Vierteln des Materials. Grobteile sind hierbei auszusortieren.
4. Zwei gegenüberliegende Viertel des Materials werden verworfen und ggf. fachgerecht ent-sorgt.
5. Die verbleibenden zwei Viertel des Materials werden mittels Schaufeln über ein zweites Probenkreuz geworfen und dadurch nochmals geviertelt.
6. Zwei Viertel des Materials werden analog zu Schritt 4 verworfen.
7. Die restlichen Viertel des Materials werden mittels Schaufel in ein geeignetes Probennahmegefäß mit luftdicht verschließbarem Deckel umgefüllt und in die Untersuchungsstelle transportiert.

2.2.5.5.3 Probenauswahl

Aus der Gesamtzahl der aus Bohrungen entnommenen Proben werden Einzelproben für Laboruntersuchungen ausgewählt. Untersuchungen von leichtflüchtigen Stoffen sollten ausschließlich an Proben erfolgen, die mit speziellen Probennahmetechniken zu gewinnen sind.

Die gezielte Auswahl von Einzelproben bzw. die Herstellung von Mischproben erfolgen nach Maßgabe des Sachverständigen/Gutachters durch den sachkundigen Probennehmer bereits vor Ort.

- Mindestanzahl der Proben

Werden keine organoleptischen Auffälligkeiten bei der Probennahme festgestellt, ist die Kontaminationsfreiheit durch Untersuchung von mindestens 20 % (Abweichungen hiervon sind vom Sachverständigen/Gutachter zu begründen) der Proben zu belegen. Zum Beispiel kann die Anzahl der zu analysierenden Proben von den ausgewählten Entnahmebereichen (Tiefenintervallen) auf der Untersuchungsfläche abhängig gemacht werden.

- **Einzelproben**

Einzelproben sollten immer entnommen werden

bei Antreffen optisch auffälliger Horizonte,
bei Antreffen geruchlich besonders auffälliger Horizonte wie z. B. Ölkontaminationen, Teerverunreinigungen,
bei Antreffen von auffälligen Gegenständen wie z. B. Kanistern mit Inhalt, Fässern u.a. (bei Greiferbohrung oder Schurf),
für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe (z. B. LHKW oder BETX-Aromaten),
aus den Bereichen direkt über dichtenden Bodenschichten,
aus der Grundwasserwechselzone.

- **Mischproben**

Die Herstellung von Mischproben ist vom Sachverständigen/Gutachter immer zu begründen.

Die Entnahme oberflächennaher Mischproben erfolgt i. d. R. für die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Oberflächenwasser (Abschwemmung) und Boden-Luft (Verwehung). Voraussetzung hierfür ist, dass die Schadstoffe in der beurteilungsrelevanten Bodenschicht annähernd gleichmäßig über die zu beprobende Fläche verteilt sind. Eine Mischprobe soll aus 15 bis 25 Einzelproben einer definierten Fläche oder Teilfläche gewonnen werden (siehe auch Anhang 1 der BBodSchV).

Bei der Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe dürfen keine Mischproben hergestellt werden.

- **Rückstellproben**

Rückstellproben sind erforderlich, um bei ggf. veränderter Fragestellung Probenmaterial für weitere chemisch-physikalische Untersuchungen zur Verfügung zu haben. Eine Ausweitung des Untersuchungsumfangs kann nur dann erfolgen, wenn die Probennahme auch in Bezug auf die neu hinzukommenden Parameter fehlerfrei ist.

Der bei der Analyse zurückbleibende Rest sollte als Analysen-Rückstellprobe aufbewahrt werden, wobei für jede dieser Proben mindestens zwei Aufbewahrungsbehälter zu verwenden sind, um sowohl analysenfein gemahlene Probengut als auch die unbehandelte Originalprobe getrennt aufbewahren zu können.

- **Referenzproben bzw. Blindproben**

Referenzproben werden an Stellen entnommen, die von der altlastverdächtigen Fläche sicher unbeeinflusst sind. Sie dienen der Ermittlung der kleinräumigen geogenen Hintergrundbelastung. Es müssen Referenzproben aus dem auf der altlastverdächtigen Fläche zu beurteilenden Horizont bzw. den Horizonten, z. B. A-Horizont und 1. Meter des B-Horizonts, entnommen werden, wenn die Hintergrundbelastung nicht mit hinreichender Sicherheit bekannt ist. Blindproben sind Referenzproben, die der Untersuchungsstelle zur Qualitätssicherung verdeckt zur Analyse übergeben werden. Die Untersuchung von Blindproben dient der Überprüfung der Untersuchungsstelle hinsichtlich eventueller Probenentziehungs-, Probenaufbereitungs- und Analysenfehler, jedoch nicht bei leichtflüchtigen Stoffen.

- **Doppelproben**

Doppelproben sind homogenisierte Proben, die der Untersuchungsstelle unter verschiedenen Probenbezeichnungen zugeführt werden, ohne dass der Untersuchungsstelle mitgeteilt wird, dass es sich um die gleichen Proben handelt. Die Untersuchung von Doppelproben dient ebenfalls der Überprüfung der Untersuchungsstelle hinsichtlich eventueller Probenentziehungs-, Probenaufbereitungs- und Analysenfehler, jedoch nicht bei leichtflüchtigen Stoffen.

2.2.5.6 Dokumentation - Bodenansprache und Probennahmeprotokoll

Wesentliche Voraussetzung für die Qualitätssicherung bei der Bodenansprache und der Probenahme ist eine präzise und umfassende Dokumentation. Hierzu gehören die Boden- und Bodenprobenbeschreibung, eine Skizze/Kartierung der Untersuchungsfläche, die Einmessung der Probenahmestellen und ein exakt ausgefülltes Probennahmeprotokoll. Bei großen Flächen ist die photographische Dokumentation der Probenahmestellen sinnvoll.

Nach der Auswahl geeigneter Probenahmepunkte sowie eines Entnahmeverfahrens muss eine detaillierte Bodenansprache erfolgen, welche die Interpretation der Ergebnisse ermöglicht. Daher sind Angaben zur Beschreibung des Profilaufbaus (natürlich oder gestört) sowie vorliegender Bodenhorizonte oder Schichten bzw. des Substrats und Eigenschaften der Probe genau zu dokumentieren (nicht verpflichtende Angaben in Kursivschrift).

Stammdaten:

– Projektname, Projektnummer, Projektkürzel

- Registriernummer im Altlastenkataster bzw. Altablagerungs-/Altstandortkataster (länder-spezifische Benennung beachten)
- Datum und Uhrzeit der Probennahme
- Witterung zurzeit der Probennahme
- Probennehmer
- Sachbearbeiter / Institution

Standortbeschreibung:

- Probennahmestelle
- Probennahme- bzw. Standortnummer innerhalb des Projekts
- Flurkarten-, Flurnummer
- Hoch- und Rechtswert
- Lageskizze
- *Ehemalige und gegenwärtige Nutzung, Vorkenntnisse zu Kontaminationen*
- *Geologischer Untergrund*

Schichten- oder Profilbeschreibung:

- Schichtenprofil mit Benennung und Beschreibung der Schichten
- Art und Zusammensetzung der einzelnen Komponenten eines Horizonts bzw. einer Schicht
- Bohrprotokoll nach DIN 4022
- *Horizontabfolge, Bodentyp, Bodenform nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (4. Auflage 1994, berichtiger Nachdruck 1996)*
- *Fotodokumentation*

Nachfolgende Informationen sind für eine vollständige **Probenbeschreibung** notwendig:

- Probenart
- Probennummer
- Entnahmetiefe (von - bis)
- *Entnahmemenge (geschätzt)*
- Bodenart
- Farbe, Geruch
- *Humusgehalt*
- Konsistenz
- *Skelettgehalt (Steingehalt)*
- Auffälligkeiten wie z. B. Grundwasserstand, bodenfremde (anthropogene) Anteile, Redoxmerkmale usw.
- *Feuchtezustand*

Zur Dokumentation der Bedingungen bei Entnahme, Verpackung und Transport sind folgende Angaben erforderlich:

- Entnahmeart, -gerät
- Bohrdurchmesser
- *Vorbehandlung der Probe im Gelände*
- Probenbehältnisse
- Lichtverhältnisse beim Transport
- Temperaturbedingungen beim Transport
- Zeitpunkt der Anlieferung in der Untersuchungsstelle

Die Probennahmestellen sind in einen Übersichts-Lageplan einzutragen. Unter Umständen ist für jede einzelne Probenentnahmestelle eine gesonderte Lageskizze anzufertigen. Darüber hinaus sind die Bohrprofile grafisch in Balkenform gemäß DIN 4023 darzustellen. Bei Durchführung der Bohrungen durch eine Bohrfirma sind die Originalbohrprotokolle (nach DIN 4022) als Anlage beizulegen.

Das in Anlage 4 aufgeführte Beispiel eines Probennahme-Formblattes besteht aus einem Deckblatt, welches allgemeine Angaben zum Projekt, zum Probennahmeort, zur Probennahme, zum Proben-transport und zur Lagerung sowie einen Lageplan/Sizze enthält, und einem Schichten- und Probenverzeichnis-Blatt.

2.2.6 Bodenluft

2.2.6.1 Allgemeines

Als Bodenluftproben werden alle gasförmigen Proben bezeichnet, die aus dem Porenvolumen des Untergrundes aus einer Entnahmetiefe von mindestens 1 m unterhalb Geländeoberkante (bei Altablagerungen mindestens 1 m unterhalb der Abdeckung) und oberhalb der Grundwasser-Oberfläche entnommen werden. Dabei wird unterschieden zwischen "Bodenluft" und "Deponiegas". Im weiteren wird unabhängig von der Zusammensetzung der Proben nur der Begriff "Bodenluft" verwendet.

Bodenluftentnahmen werden durchgeführt, um leichtflüchtige Stoffe im Porenraum von Böden zu bestimmen. In der Regel werden untersucht:

- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)
- BTEX-Aromaten (Benzol, Ethylbenzol, Toluol, Xylol und andere einkernige aromatische Kohlenwasserstoffe)
- CO₂ und O₂

Bei Altablagerungen werden auch deponiespezifische Parameter (CH₄, O₂, N₂, CO₂, H₂S, schwefelorganische Verbindungen, etc.) in die Untersuchung mit einbezogen. Aussagen über die Gehalte leichtflüchtiger Stoffe im Boden können anhand von ermittelten Bodenluftkonzentrationen nicht abgeleitet werden, da die Verteilung der Stoffe im Drei-Phasen-System Boden / Bodenluft / Bodenwasser erheblich von bodenphysikalischen Kenngrößen wie Wassergehalt, Porenform und Porengröße sowie von meteorologischen Bedingungen beeinflusst werden. Insofern sind für die Beurteilung von Messergebnissen die Angaben zur standortspezifischen Situation im Untergrund und zu Witterungsdaten zu beachten. Bodenluftuntersuchungen lassen nur Relativ-Aussagen und keine Absolut-Aussagen zu. Sie können nur zur Abgrenzung höher kontaminierter Bereiche von niedriger kontaminierten Bereichen dienen. **Generell ist festzustellen, dass Bodenluftuntersuchungen nur orientierenden Charakter haben und für eine Beurteilung der altlastverdächtigen Fläche allein nicht ausreichen.**

Die Entnahme von Bodenluftproben erfolgt an Entnahmestellen mit Sonden, die direkt oder nach vorausgegangenem Bohren in den Boden gedrückt werden. Die Bodenluft wird entweder durch eine i. d. R. 1 - 2 m lange Sonde mit Öffnungen an der Spitze (Absaugmethode) mittels einer strömungskonstant betriebenen Pumpe angesaugt oder über eine in der Spitze der Sonde untergebrachte Spritze entnommen (Kleinmengenentnahme).

Nur bei bekanntem Untergrundaufbau kann die Probennahme ohne Vorsondierung erfolgen.

Für die Entnahme von Bodenluftproben müssen geeignete Entnahmestellen angelegt werden. Man unterscheidet:

- I. temporäre Entnahmestellen mit
 - A. abgedichtetem Bohrloch (Sonde/Lanze)
 - B. offenem Bohrloch (Spritze oder Direktmessung)
- II. stationäre Entnahmestellen mit
 - A. dauerhaft ausgebautem Pegel
 - B. behelfsmäßig ausgebautem Pegel.

Die temporären Entnahmestellen (Bohrlöcher) eignen sich nur zur einmaligen Probenentnahme (orientierende Erkundung). Die ausgebauten stationären Bodenluftentnahmestellen sind für unterschiedliche Zwecke und Zeiträume so einzurichten, dass die Probennahme ohne großen Aufwand beliebig oft durchgeführt werden kann.

2.2.6.2 Grundsätzliche Strategien zur Qualitätssicherung (QS)

Die Verfahren zur Bodenluftuntersuchung sind **KONVENTIONSVERFAHREN**. Messdaten aus Bodenluftuntersuchungen sind nur dann miteinander vergleichbar, wenn sie unter vergleichbaren Probennahme- und Messbedingungen erhalten wurden (vgl. Probennahmeprotokoll). Daraus folgt, dass Bodenluftuntersuchungen **RELATIVMETHODEN** sind, die eine rasche Bestandsaufnahme von Schadstoffbelastungen im Untergrund ermöglichen. Für vergleichende Messungen müssen das gleiche Bohrverfahren einschließlich Bohrlochdimension und die gleichen Probennahmebedingungen vorliegen.

Einzelheiten zur Festlegung der Probennahmestrategie in Abhängigkeit von der Problemstellung sowie zu den verschiedenen Probennahmetechniken sind ausführlich in den **VDI Richtlinien 3865, Blatt 1** und **Blatt 2** dargelegt.

Bei der Entnahme von Bodenluft lassen sich folgende charakteristische Aspekte nennen, die die Qualität der Probennahme beeinflussen:

- Zeitpunkt der Probennahme
- Art der Probennahmestelle (offenes oder abgedichtetes Sondier- bzw. Bohrloch, Bodenluftmessstelle),
- Probennahmeart/-gerät (Spritze, Sonde),
- Verhältnis von Bohrloch- und Sondenabmessungen,
- Beprobungstiefe (Mindesttiefe: 1 m unter Geländeoberkante, bei Altablagerungen 1 m unter Abdeckung; Maximaltiefe: bis 1 m über Grundwasseroberfläche),
- Tiefenerschließung (Sondierung oder Bohrung bis zur Entnahmetiefe, stufenweise Sondierung in Mindestschritten von z. B. 0,5 m),

- Räumlicher Einzugsbereich der Probe:
 - klein, punktuell, horizontalisiert (entspricht einem Bodenluftvolumen von ca. 10 ml),
 - mittelgroß, punktuell, horizontalisiert oder integrierend über die Sondierungs- oder Bohrlochlänge plus angrenzendem Bodenraum (entspricht einem Bodenluftvolumen von ca. 2 bis 5 l),
 - groß, diffus; abgesaugtes Bodenluftvolumen bis ca. 20 l.
- Entnahmehvolumen und Entnahmedauer (Pumprate max. 1 l/min.):
 - Volumen bis 10 ml, ca. 10 s,
 - Volumen bis 5 l, ca. 5 min,
 - Volumen bis 20 l, ca. 20 min.
- Totvolumen des Entnahmegertes:
 - **klein** bei der Entnahme der Bodenluft mit Spritzen,
 - **groß** bei der Entnahme der Bodenluft mit Sonden.
- Probensammlung
 - Sammelgefäße, z. B. Pasteur-Pipette nach Neumayr, Headspace-Gläschen, Gassammler (Gasmaus) usw.
 - Anreicherung an verschiedene Adsorbentien (z. B. Aktivkohle, XAD-Harz u. a.),
 - Im geschlossenen Messsystem (Probenschleife) zur Direktmessung.

Um Fehler bei der Probennahme von Bodenluftproben soweit wie möglich zu vermeiden bzw. abschätzen zu können, sind folgende Faktoren zu beachten:

- a) Beprobung erst nach Gleichgewichtseinstellung der Bodengaskomponenten (CO₂-Konstanz) vornehmen.
- b) Die Probe ist vor der Pumpe zu entnehmen bzw. das Adsorbentmaterial vor die Pumpe zu schalten.
- c) Es ist sicherzustellen, dass keine atmosphärische Luft die Bodenluftprobe beeinflusst. Zur Bewertung der Dichtigkeit einer Bodenluftmessstelle bzw. zur Identifikation von atmosphärischen Außenluftanteilen bei Entnahme von größeren Bodenluftvolumina ist die Kohlendioxid- und Sauerstoffkonzentration in der Bodenluft als Qualitätsprüfung zu messen. Der Kohlendioxidgehalt der Bodenluft ist auf Grund mikrobiologischer Abbauvorgänge höher als in der Außenluft. Durch die kontinuierliche Messung des Kohlendioxidgehaltes während der Probennahme kann die Dichtigkeit der Messstelle bewertet und ggf. nachgebessert werden.
- d) Die Durchflussrate ist den Untergrundverhältnissen anzupassen und möglichst klein und konstant bei gleichem Unterdruck zu halten, jedoch können bei kleinen Durchflussraten u. U. "Deponiegaslinsen" nicht als solche erkannt werden.
- e) Doppel- bzw. Mehrfachbeprobung zumindest einer Messstelle zur Abschätzung der Repräsentativität der genommenen Bodenluftprobe.

- f) Alle bei der Probennahme mit Bodenluft in Kontakt gekommenen Bauteile des Entnahmesystems sind entweder nur einmalig zu benutzen oder vor der Wiederverwendung zu dekontaminieren (z. B. mit Heißluftföhn, Ofen, Auskochen in Wasser, Strippen mit Inertgas).
- g) Bei Bodenluftuntersuchungen an aufeinander folgenden Tagen müssen zwei Messstellen überlappend beprobt werden, um bei einer mehrtägigen Probennahmeserie die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse von verschiedenen Messpunkten sicherstellen bzw. den etwaigen Fehler abschätzen zu können.
- h) Entnahme von Umgebungsluftproben, um sicherstellen zu können, dass keine Kontaminationsgefahr für Bodenluftproben existiert. Dies ist sinnvoll bei Probennahme in industriell genutzten Bereichen, da hier in der Umgebungsluft eine hohe Grundbelastung an organischen Schadstoffen vorliegen kann, die als Bodenluftkontamination fehlinterpretiert werden kann.
- i) Exakte und dauerhafte Beschriftung der Proben vor Ort sofort nach der Entnahme, um spätere Verwechslungen zu vermeiden.
- j) Weitere Faktoren siehe VDI Richtlinien 3865, Blatt 2, Anhang A.

2.2.6.3 QS - Maßnahmen bei der Errichtung von Bodenluft-Messstellen

2.2.6.3.1 Errichtung temporärer Bodenluft-Messstellen

Temporäre Bodenluft-Messstellen können Bohrungen oder Sondierungen sein. Alle Bohrungen bzw. Sondierungen sind **trocken** niederzubringen.

Bohrungen werden mit Werkzeugen nach Abschnitt 5, Tabelle 4, angelegt. Hierbei wird mit einem Handbohrer, tragbaren benzin- oder vorzugsweise strombetriebenen Bohrhammer eine Rammstange mit Nut in den Boden getrieben. Nach dem erfolgten Einschlag wird der Bohrkern abgedreht und die Bohrstange einschließlich Bohrgut mittels einer Ziehvorrichtung aus dem Boden gezogen. Anschließend kann die Bodenluftsonde in das Bohrloch eingebracht werden. Hierbei ist zu beachten, dass die **Abmessungen** der Bohrwerkzeuge und Bodenluftentnahmesonden aufeinander abgestimmt sind. Die Verwendung einer Rammstange mit Nut für die Bohrung erlaubt auch eingeschränkt die Feststellung des Bodenprofils, das auf jeden Fall im Protokoll festgehalten werden muss (**Anlage 5**).

Die **Beprobungstiefe** wird anhand des Untersuchungsziels und der Daten der Vorerhebung (Bodenaufbau, Grundwasserflurabstand) festgelegt. Im Allgemeinen liegt sie zwischen 1 m und 4 m unter Geländeoberkante.

2.2.6.3.2 Errichtung stationärer Bodenluft-Messstellen

Unter einer stationären Bodenluftmessstelle versteht man eine ortsfest eingerichtete Probenahmestelle für die Entnahme von Bodenluft. Sie ist zur Beobachtung bzw. zur Überwachung von Änderungen der Beschaffenheit der Bodenluft geeignet, um im Verlauf von Messreihen vergleichbare Rahmenbedingungen über die Zeit zu Gewähr leisten.

Mit stationären Bodenluftmessstellen werden in der Regel Horizonte zwischen 1 m unter Geländeoberkante und bis zum Grund- oder Stauwasserhorizont erschlossen. Die tatsächliche Tiefenlage richtet sich nach der Fragestellung, der Bodenbeschaffenheit sowie der technisch erforderlichen Auslegung der Pegel.

Bei Standorten, wo keine bodenmechanischen Beanspruchungen z. B. infolge von Setzungen, die den Pegel beschädigen könnten, zu erwarten sind, werden die stationären Bodenluftmessstellen im Regelfall in Kunststoff (PVC, HDPE) ausgebaut. Andernfalls werden bevorzugt Stahlrohre eingesetzt. Der Rohrdurchmesser sollte größer als DN 25 sein.

Beim Ausbau der stationären Bodenluft-Messstelle ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Bohrungen sollten einen Durchmesser von größer 80 mm haben;
- Pegelrohr aus Kunststoff oder Stahl, Durchmesser größer DN 25; i. d. R. ab 1,5 m unter GOK bereits perforiert; geeignet für den Anschluss einer Probennahmeverrichtung;
- Beim Einbau des Luftpegelrohrs sind gasdichte Verbindungsmuffen zu verwenden, um den Gaszutritt oberhalb der Filterstrecke zu vermindern.
- Das Pegelrohr sollte oben durch eine Kappe oder Stopfen (Kunststoff oder Stahl) verschlossen werden; ggf. Absperrung durch Schieber bei volumenabhängigen Absaugmaßnahmen;
- Um die Diffusion der Bodenluft in das Pegelrohr zu Gewähr leisten, ist zwischen die Außenwandung des Rohres und der Bohrung eine Filterpackung aus **trockenem Sand** oder **Kies, Körnung abhängig vom anstehenden Boden**, einzubringen. Durch geeignete Auswahl der Dichtungsmaterialien lassen sich bestimmte Tiefenzonen gezielt selektieren. Die Tiefenlage der **Filterstrecke** sollte im Normalfall erst ca. **1,5 m unter GOK** beginnen, um den Zutritt von Außenluft auszuschließen.
- Abdichtung, z. B. mit Quellton, gegenüber Fremdluft bis mindestens 1 m unter GOK.
- Bei Einbau der stationären Bodenluftmessstelle unter Flur sind die Pegelstandorte auf geeignete Weise abzudecken z. B. mit Hydrantenkappen, Betonringausbau.

2.2.6.3.3 Entnahme von Bodenluftproben

Da in der Praxis verschiedene Probennahmevarianten verwendet werden und die kommerziell erhältlichen Sonden unterschiedlich konstruiert sind, werden hier nur allgemein gültige QS-Maßnahmen aufgeführt.

Für die Entnahme von Bodenluftproben sind grundsätzlich folgende Geräte erforderlich

- Entnahmesonde
- Absaugvorrichtung
- Gassammelvorrichtung
- ggf. spezielle Messeinrichtungen

Die mit Saugpumpen betriebenen Probennahmesysteme sind vor der Probennahme einer **Dichtigkeitsprüfung** (von der Absaugöffnung bis zur Pumpe) nach VDI 3865, Blatt 2, zu unterziehen. Die Prüfung ist im Probennahmeprotokoll zu vermerken.

Die Entnahme von Bodenluftproben erfolgt durch Einführung der Entnahmesonde in das nach Abschnitt 6.3.1 angelegte und mit Bodenluft gefüllte Bohrloch zunächst bis zur Bohrlochsohle. Um eine bessere Abdichtung der Sondenspitze zu erzielen, ist es empfehlenswert, die Entnahmesonde ca. 5 - 10 cm tiefer in den festen Boden nachzusenken.

Die Sonde sollte entweder durch strammen Sitz selbst gegen die Umgebungsluft abdichten oder der Boden am oberen Rand des Bohrlochs wird zusätzlich mit z. B. Quellton abgedichtet bzw. mit einem Dichtungskeil verschlossen.

Vor der eigentlichen Probennahme **muss** das Totvolumen der Sonde durch Bodenluft ausgetauscht werden, um eine repräsentative Probe für die Zusammensetzung der Bodenluft im Untergrund zu erhalten. Deshalb wird der Start der eigentlichen Probennahme entweder über das Maximum der **CO₂-, O₂-Konzentration** in der Bodenluft definiert oder erfolgt nach dem **Absaugen mindestens des doppelten Totvolumens** der Sonde oder nach einer **festgelegten Vorlaufzeit** (z. B. 60 s). Nach Abschluss der Probennahme ist das Bohrloch wieder zu verfüllen (z. B. mit Quellton, Bentonit).

2.2.6.3.3.1 Direktverfahren

Im Vergleich zu dem unter Punkt 6.3.3.2 beschriebenen Anreicherungsverfahren liegen bei den Direktverfahren im Allgemeinen höhere Bestimmungsgrenzen für die Einzelkomponenten bei den Gruppenparametern LHKW und BETX-Aromaten vor. Bei den Direktverfahren wird die Bodenluft ohne Anreicherung entweder direkt oder über einen Zwischenschritt (Gassammler) einem Gaschromatographen zur Analyse zugeführt (VDI 3865, Blatt 4). Zur Probengewinnung werden bei den Direktverfahren die nachfolgend aufgeführten Probenabfüllverfahren verwendet.

2.2.6.3.3.1.1 Abfüllen in Gassammler (Gasmaus)

Diese Variante der Abfüllung setzt eine Absaugung der Bodenluft voraus und ist insbesondere für die gleichzeitige Untersuchung von Bodenluft und Deponiegas geeignet.

Werden Gasmäuse als Probengefäße verwendet, ist sicherzustellen, dass vor der Probennahme mindestens das **doppelte Volumen** durch die Gasmaus abgesaugt wurde. Die Hähne an beiden Enden der Gasmaus sind gleichzeitig zu schließen, damit keine Druckdifferenzen in der Gasmaus auftreten können.

2.2.6.3.3.1.2 Abfüllen von Proben aus Absaugungen oder aus Kleinmengenentnahmen in Headspace-Gläschen oder abschmelzbare Glasröhrchen (Methode nach Neumayr)

Die bei der Absaugmethode gewonnene Probe wird sofort mittels Spritze über eine Kanüle in ein verschlossenes Headspace-Gläschen (5, 10 oder 20 ml) gedrückt. Vor dem Abfüllen sind die Verschlusskappen der Headspace-Gläschen auf dichten Sitz zu prüfen. Zur Verdrängung der Luft im Gläschen und zum Druckausgleich dient eine zweite Kanüle.

Beim Abfüllen ist Folgendes zu beachten:

- a) Der Transfer der Gasprobe in das Probengefäß ist die Hauptfehlerquelle. Die in dem Probengefäß befindliche Luft muss von der Bodenluft vollständig verdrängt werden. Dazu wird das Gefäß mit der dreifachen Menge an Bodenluft gespült. Hierbei soll die Bodenluft aus der Kanüle in den Bereich des Gefäßes ausströmen, der von der Austrittsöffnung am weitesten entfernt ist. Damit soll eine ausreichende Verdrängung der Atmosphärenluft Gewähr leistet werden.
- b) Probennahmegeräte und -gefäße sind nicht in Räumen zu lagern, in denen Lösungsmittel bzw. Kraftstoffe aufbewahrt werden. Die Spritzen sind nach jeder Probennahme durch Evakuieren und Ausheizen zu reinigen. Um Querkontaminationen beim Wechsel von Spritzen und Probenröhrchen zu vermeiden, muss dieser in kontaminationsfreier Umgebungsluft erfolgen, sofern keine Einwegspritzen verwendet werden.
- c) Ein Probengefäß wird angestochen, nicht gefüllt und gemeinsam mit den Proben transportiert, um Kontaminationen durch Material, Transport und Lagerung nachvollziehen zu können. Bei Kleinmengenentnahmen (Neumayr-Methode) wird Bodenluft über eine in der Spitze der Messsonde untergebrachte Kunststoffspritze mit 3 bis ca. 10 ml Inhalt und ausreichend langer Kanüle entnommen. Durch Ziehen des Spritzenkolbens über einen Seilzug wird Bodenluft angesaugt. Die Messsonde wird nun wieder aus dem Bohrloch herausgezogen und die Spitze abgeschraubt, so dass die Spritze entnommen werden kann.

Die Sättigung der Bodenluft mit Wasser kann bei diesem Verfahren zu erheblichen Problemen führen. Die Probennahme ist nicht optisch kontrollierbar; darüber hinaus sind die Einschränkungen wie sie in der VDI-Richtlinie 3865, Teil 2, beschrieben sind, zu beachten.

Die bei der Neumayr-Methode gewonnene Bodenluftprobe kann aus der Spritze entweder wie oben beschrieben in Headspace-Gläschen oder in abschmelzbare Glasampullen (z. B. Pasteurpipetten) gefüllt werden. Das Volumen der Glasampullen darf maximal ein Drittel des entnommenen Bodengasvolumens betragen.

2.2.6.3.3.2 Anreicherungsverfahren

2.2.6.3.3.2.1 Anreicherungsverfahren mit Bodenluftabsaugung

Eine Variante der Bodenluftentnahme ist das Anreicherungsverfahren. Hierbei werden mehrere Liter Luft über Adsorber-Röhrchen gesaugt. Die Adsorberröhrchen können entweder an der Spitze einer Sonde im Boden angebracht werden oder sich am Ende der Sonde außerhalb des Bodens direkt vor der Absaugpumpe befinden. Auf diese Weise wird die nötige Luftmenge mittels einer Pumpe über das Röhrchen geführt. Hierbei sind die Anreicherungs-röhrchen in Abhängigkeit von den spezifischen Eigenschaften der Schadgase bzw. den Anforderungen an das Messergebnis mit Aktiv-Kohle, XAD-Harz, Silicagel oder Tenax gefüllt. Nach der Adsorption werden die Schadstoffe von den Trägermaterialien mit geeigneten Lösungsmitteln (oder durch Thermodesorption) desorbiert und in den Extrakten (oder direkt) gaschromatographisch bestimmt.

Beim Anreicherungsverfahren wird eine Bodenluftmenge von 2 l bis 20 l über ein Röhrchen mit Adsorbermaterial geleitet, das bestimmte Spureninhaltsstoffe der Bodenluft anreichert. Um die Gefahr der Erfassung von Umgebungsluft auszuschließen, ist für Probenanreicherungen an Adsorberröhrchen i. d. R. ein Bodenluft-Absaugvolumen von 1 - 2 l, höchstens 20 l, bei einer Saugrate von max. 1 l/min empfehlenswert.

Die Selektivität (Art der festgehaltenen Stoffe) und die Beladungskapazität (Menge der Stoffe, die ohne Verluste adsorbiert werden) sind stark von Adsorbermaterial und -menge sowie von der Beschaffenheit der Bodenluft abhängig.

Wichtig ist, dass die Adsorbermaterialien vor Verwendung auf die zu bestimmenden Substanzen geprüft werden, sofern die Lieferfirma das Material nicht ausdrücklich für den vorliegenden Verwendungszweck ausgewiesen hat und die Qualität garantiert (auf die besondere Problematik beim Parameter Vinylchlorid ist hinzuweisen).

Unabhängig von den Herstellerangaben sind folgende QS-Maßnahmen durchzuführen:

- a) Grundsätzlich sollten bei Bodenluftuntersuchungen Adsorberröhrchen mit Sicherheitszone verwendet werden.
- b) Bei der Probennahme mit Adsorberröhrchen sind bei Verdacht auf hohe Belastungen zwei Röhrchen in Serie zu schalten, um Durchbrüche sicher ausschließen zu können. Vor allem bei hoher Feuchtigkeit der Bodenluft kann eine unvollständige Adsorption stattfinden. In der Untersuchungsstelle werden die nachgeschalteten Adsorberröhrchen insbesondere bei hohen Konzentrationen im vorgeschalteten Adsorberröhrchen auf eventuelle Durchbrüche geprüft. Ist kein oder nur ein unwesentlicher Durchbruch bei der höchstbelasteten Probe feststellbar, kann auf die Analyse weiterer nachgeschalteter Röhrchen der geringer belasteten Proben verzichtet werden.

- c) Zur Feststellung eventueller Querkontaminationen der Adsorptionsröhrchen bei Probennahme, Transport und Lagerung sind in jedem Fall sog. "Blindproben" zu untersuchen, d. h. nicht mit Bodenluft beaufschlagte Adsorptionsröhrchen, die analog den beaufschlagten Adsorberröhrchen zum und vom Probennahmeort transportiert und unter identischen Bedingungen gelagert werden. Verluste bei Lagerung und Transport lassen sich auch durch dotierte Adsorptionsröhrchen mit bekannter Beladung erkennen.

In Tabelle 7 sind die Vor- und Nachteile der Direkt- und Anreicherungsverfahren gegenübergestellt

Tab. 7: Gegenüberstellung der Direkt- und Anreicherungsverfahren

	Direktverfahren			
	Pasteurpipette	Headspace-Gläschen	Gasmaus	GC Vor-Ort-Analytik
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - relativ einfaches Verfahren - Bodenluftprobe ist in der Stoffzusammensetzung mit der Bodenluft in situ identisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Headspacegläser vor Abfüllung geschlossen, dadurch keine Kontamination vor Probenahme - gleichzeitige Analyse der Deponiegase bedingt möglich - Bodenluftprobe ist mit der Bodenluft in situ identisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Mehrfachanalyse möglich - durch größere Probenmenge auch Deponiegase analysierbar, i.d.R. Hauptgase und Spurenstoffe - Bodenluftprobe ist mit der Bodenluft in situ identisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnis liegt sofort vor - Anzahl der Proben für Laboruntersuchung kann, wenn nötig, reduziert werden - Möglichkeit der sofortigen Eingrenzung von Schadensherden
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - evtl. zu geringes Probenvolumen - nur einmalige Analyse möglich - Veränderungen des Chemismus der Bodenluft beim Umfüllen der Probe möglich - Fremdluftzutritt - Schwierige Handhabung der Pipetten (Glasbruch) 	<ul style="list-style-type: none"> - evtl. zu geringes Probenvolumen - Veränderung des Chemismus der Bodenluft beim Umfüllen der Proben möglich - Fremdluftzutritt 	<ul style="list-style-type: none"> - Lagerzeit nur beschränkt möglich - Adsorptionseffekte sowie Kondensationseffekte an der Gefäßinnenwand möglich - relativ aufwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - Apparativer Vor-Ort-Aufwand ist größer - Eingeschränkte Genauigkeit gegenüber Laborbestimmung

	Anreicherungsverfahren		
	Tenax	Aktivkohle	XAD-Harz
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Mehrfachanalyse möglich - niedrigere Nachweisgrenze durch Anreicherung 		
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Ad- und Desorption der einzelnen Verbindungen der Probe evtl. nicht vollständig 	<ul style="list-style-type: none"> - Ad- und Desorption einzelner Verbindungen der Probe evtl. nicht vollständig - unvollständige Extraktion möglich 	
	Verdrängungsreaktionen bei der Adsorption		

2.2.6.3.3.2 Passive Bodenluftmesssysteme

Neben den beschriebenen Anreicherungsverfahren mit aktiver Bodenluftabsaugung existieren auch **passive Bodenluftmesssysteme**. Hierbei wird eine definierte Adsorbensmenge in den Boden eingebracht und über eine bestimmte Zeit dort belassen. Das Adsorbens nimmt die Schadstoffe aus der Bodenluft auf, bis sich ein Gleichgewicht eingestellt hat. Diese Gleichgewichtseinstellung erfolgt in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit. Diese Bodenluftmesssysteme sind nur für qualitative Aussagen geeignet.

Die Bestimmung der Schadstoffe erfolgt gaschromatographisch nach Elution oder nach Thermodesorption vom Adsorbens. Die Angabe der Schadstoffgehalte erfolgt z. B. in mg Schadstoff pro g Adsorbens. Dies hat allerdings den Nachteil, dass die erhaltenen Werte nicht mit gängigen Richt- und Orientierungswerten vergleichbar sind. Da die Gleichgewichtslage vom Adsorbentmaterial abhängig ist, können unterschiedliche Adsorbentmaterialien in der gleichen Bodenmatrix durchaus unterschiedliche Ergebnisse liefern.

2.2.6.4 Probennahmen aus Bodenluftabsauganlagen (z. B. Absaugversuche, Sanierungsmaßnahmen)

Die Bodenluftabsaugung besteht verfahrenstechnisch im Wesentlichen aus folgenden Baugruppen:

- dem Absaugbrunnen, der die kontaminierte Bodenschicht erschließt,
- der Absauganlage, die durch Erzeugung eines Unterdruckes die Bodenluft aus dem Untergrund fördert und
- der Reinigungsanlage, die die Schadstoffe aus der abgesaugten Bodenluft entfernt.

Einzelheiten hierzu sind der VDI-Richtlinie 3897 (Dezember 1997) zu entnehmen.

Bei Bodenluftabsauganlagen wird sowohl die Zu-(Roh-) als auch die Abluft beprobt. Die Probenahme erfolgt überwiegend durch Anreicherung auf einem Adsorbens. Daher sind die unter Abschnitt 6.3.3.2.1 aufgeführten QS-Maßnahmen zu berücksichtigen.

Eine Beprobung von Bodenluft bei Absaugungen sollte grundsätzlich zwischen Absaugbrunnen und Strömungsmaschine stattfinden. Die Bodenluft am Ausgang von Vakuumpumpen oder Seitenkanalverdichtern kann sehr hohe Temperaturen aufweisen, so dass eine Abkühlung im Probenahmegefäß zu einem Unterdruck führt. Beim Öffnen des Gefäßes kann Fremdluft eintreten und die zu analysierenden Gasproben verdünnen. Bei öllumlaufgeschmierten Vakuumpumpen treten teilweise Ölnebel mit der abgesaugten Bodenluft aus der Anlage, die das Analyseergebnis verfälschen können.

Eine Absaugung der Bodenluft zu Sanierungszwecken verursacht eine beträchtliche Störung in der Bodenatmosphäre und beeinflusst somit auch das Ergebnis der nachfolgenden Messung. Deshalb

ist es i. d. R. nicht zulässig, Ergebnisse aus dem Gasstrom einer Absaugung mit solchen aus der Erkundung (Kap. 6.3) zu vergleichen.

2.2.6.5 Dokumentation - Probennahmeprotokoll

Da die äußeren Bedingungen die Entnahme von Bodenluftproben stark beeinflussen und zudem größeren Schwankungen unterliegen können, müssen die relevanten Daten für jede Probenentnahme separat protokolliert werden.

In Anlage 5 ist beispielhaft dargestellt, welche fachlichen Anforderungen an ein Bodenluft-Probennahmeprotokoll zu stellen sind.

2.2.7 Grundwasser

2.2.7.1 Allgemeines

Für die Gewinnung von Grundwasserproben werden im Allgemeinen permanente Grundwassermessstellen errichtet. Für orientierende Untersuchungen sind mindestens drei Messstellen notwendig (hydrogeologisches Dreieck), um Hinweise auf einen Schadstoffeintrag zu erhalten. Zwei Messstellen sollten im Grundwasserabstrom der altlastverdächtigen Fläche im Bereich der höchsten Belastung, die dritte Messstelle im Anstrom liegen. Für eine Detailuntersuchung ist ein verdichtetes Messstellennetz erforderlich. Die Ausbaurohrung sollte einen Innendurchmesser von mindestens 125 bzw. 150 mm aufweisen.

Grundwassermessstellen dienen zur quantitativen und qualitativen Überwachung von Grundwasserleitern. Generell darf durch die Errichtung von Grundwassermessstellen keine physikalische, chemische oder biologische Beeinträchtigung des Grundwasserleiters erfolgen. Grundwassermessstellen sind deshalb stets zur Erdoberfläche hin abzudichten, um einen Eintrag von Schadstoffen über das Bohrloch ins Grundwasser zu verhindern. Ebenso sind Schichten, die als Grundwasserstauer wirken können, unversehrt zu erhalten bzw. im Falle des Durchbohrens so gegen die Ausbaurohrung abzudichten, dass eine Vermischung unterschiedlicher Grundwasserhorizonte in jedem Fall ausgeschlossen wird.

Grundbedingungen für die Errichtung von Grundwassermessstellen sind:

- **Kenntnis der örtlichen Geologie und Hydrogeologie** (um hydraulische Kurzschlüsse aus Unkenntnis der Untergrundverhältnisse auszuschließen)
- **Kenntnis der zu erwartenden Schadstoffe** und ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften im Grundwasser (um einen sachgerechten Ausbau der Messstellen zu Gewähr leisten)
- **Durchgehende Betreuung der Bohrarbeiten**, geologische Aufnahme des Schichtenaufbaus und Überwachung des Messstellenausbau **durch einen Sachverständigen/Gutachter vor Ort** (um zu verhindern, dass Bohrmannschaften in Unkenntnis der Fragestellung und der Sachlage schwerwiegende Beeinträchtigungen von Grundwasserstockwerken herbeiführen)

Die nachstehenden Erläuterungen geben grundlegende Hinweise zur Qualitätssicherung bei der Errichtung von Grundwassermessstellen. Ausführliche Informationen zu speziellen Problemstellungen können u. a. den folgenden Richtlinien entnommen werden:

- Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen, DVGW - Merkblatt, W 121 (Oktober 1988)
- Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser, DVGW - Merkblatt, W 110 (Juni 1990)
- Einflüsse von Messstellenausbau und Pumpenmaterialien auf die Beschaffenheit einer Wasserprobe, DVWK - Mitteilungen, MI 20 (1990)

- Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung, DVGW - Merkblatt W 111 (Entwurf, August 1995)

2.2.7.2 Errichtung von Grundwassermessstellen

2.2.7.2.1 Bohrung

Die Bohrung hat folgende Ziele:

- Schaffen einer ausreichend großkalibrigen und tiefen Bohrung
- Durchgehende Erkundung und Beurteilung des Schichtenaufbaus und Trennflächengefüges zur sicheren Bestimmung der hydrogeologischen Verhältnisse
- Gegebenenfalls Gewinnung weitgehend ungestörter Sediment- bzw. Gesteinsproben für geotechnische und chemische Untersuchungen

Für die Durchführung von Bohrungen sind folgende Rahmenbedingungen einzuhalten:

- Einwandfreier technischer Zustand des Bohrgeräts, insbesondere Dichtheit von Hydraulikanlagen und Kraftstoffsystem
- Ausschließliche **Verwendung umweltverträglicher Fette und Hydrauliköle** (Einfluss auf DOC-, MKW-Bestimmung, etc. möglich)
- Zuverlässige **Sicherung der Bohrung** gegen den Zutritt von Oberflächenwasser und grundwassergefährdenden Stoffen (z. B. bei Störfällen) ab Beginn der Bohrarbeiten
- **Führen der Schichtenverzeichnisse gemäß DIN 4022**
- **Sicherung von Bohrgut** auf der Baustelle **gegen Witterungseinflüsse** (insbesondere Auswaschung von Schadstoffen durch Niederschlagswasser) **und unbefugten Zugriff** (z. B. Gefährdung spielender Kinder durch kontaminiertes Bohrgut)
- **Ordnungsgemäße Entsorgung von kontaminiertem Bohrgut**

2.2.7.2.1.1 Bohrverfahren

Grundsätzlich sind **Kernbohrverfahren** vorzuziehen, da sie eine **durchgehende Gewinnung** von **Boden-** bzw. **Gesteinsproben** und somit eine sichere Interpretation des Schichtenaufbaus, der Boden-/Gesteinseigenschaften und des Trennflächengefüges im Fels Gewähr leisten.

Wenn der Einsatz von Trockenbohrverfahren nicht möglich ist, ist die weitere Vorgehensweise **im Vorfeld** mit den Fachbehörden abzustimmen.

Meißelbohrungen sind nur zulässig, wenn der Untergrundaufbau für die Bohrstelle bereits durch andere Bodenaufschlüsse sicher belegt ist.

Generell muss Gewähr leisten werden, dass durch die Bohrungen keine Schadstoffverfrachtungen in den Untergrund stattfinden.

2.2.7.2.1.2 Bohrdurchmesser

Der Bohrdurchmesser richtet sich nach dem gewünschten Ausbaudurchmesser der Grundwassermessstelle, der 125 mm nicht unterschreiten darf. Als **Faustregel** zur Ermittlung des Bohrdurchmessers kann nachstehende Formel herangezogen werden:

$$\text{Bohrdurchmesser} = \text{Ausbauaußendurchmesser} + 2 \times 80 \text{ mm}$$

Für eine 5"-Grundwassermessstelle (DN 125: Innendurchmesser 125 mm, Außendurchmesser 140 mm) errechnet sich daraus ein Bohrdurchmesser von 300 mm.

Kleinere als die nach der Formel errechneten Bohrdurchmesser lassen erfahrungsgemäß keine sachgerechte Verfüllung des Ringraums (zwischen Bohrlochwand und Einbaurohren) zu.

2.2.7.2.2 Ausbau

Der Ausbau der Grundwassermessstellen richtet sich nach folgenden Gesichtspunkten:

- Geologische und hydrologische Verhältnisse
- Verwendungszweck
- Vorhandene Belastungen im Boden
- Vorhandene Belastungen im Grundwasser.
- Nutzung des Areals (Unter-, Überflurmessstellen)

Der **Ausbaudurchmesser** (Innendurchmesser) für Grundwassermessstellen zur chemisch-physikalischen Untersuchung der Grundwasserqualität sollte DN 125 (= 5") nicht unterschreiten. Im Falle einer erhöhten Sanierungsrelevanz wird ein Mindestausbaudurchmesser von DN 150 (= 6") empfohlen.

Die **Ausbauverrohrung** muss beständig sein gegen mechanische Beanspruchung (z. B. beim Einbau oder durch Gebirgsdruck) und chemisch-physikalische Einflüsse (z. B. Schadstoffangriff). Im Normalfall sind PVC-Verrohrungen ausreichend. Bei verstärktem chemischem Angriff werden PEHD-, für extreme Anwendungen PTFE(Teflon)- oder Edelstahlrohre empfohlen.

2.2.7.2.2.1 Filterstrecken

Grundwassermessstellen sind so zu verfiltern, dass

- nur eine grundwasserführende Schicht erfasst wird (Ausschluss hydraulischer Kurzschlüsse),
- die grundwasserführende Schicht möglichst **in ihrer vollen Mächtigkeit** erfasst wird (vollkommene Brunnen, um auszuschließen, dass Schadstoffansammlungen an der Grundwassersohle, z.B. CKW Phenole, PAK, unerkannt bleiben),
- im **Falle großer Aquifermächtigkeiten** die wassergesättigte Zone des Grundwasserleiters in einer Mächtigkeit von **mindestens 5 m** (bezogen auf den anzunehmenden Niedrigwasserstand!) erschlossen wird (vorheriger Ausschluss von z. B. CKW, Phenole, PAK!),
- im **Falle großer Aquifermächtigkeiten** Verdünnungen durch zu lange Filterstrecken vermieden werden und
- der **Grundwasserschwankungsbereich in vollem Umfang** mit erfasst wird (+ 1 m Sicherheitszuschlag über anzunehmendem Höchstwasserstand, wegen aufschwimmender Schadstoffe und oxidisch gebundener bzw. adsorbierter Schadstoffe). Bei gespanntem Grundwasser bleibt die Filterstrecke auf den Grundwasserleiter beschränkt.

2.2.7.2.2.2 Vollrohrstrecken

Vollrohrstrecken sind einzubauen:

- im **Bereich zwischen Geländeoberkante (GOK) und einer Tiefe von mindestens 1,5 m**, um die Bohrung wirkungsvoll gegen den Zutritt von Oberflächenwasser sichern zu können und
- beim Erschließen tieferer Grundwasserstockwerke im **Bereich zwischen Geländeoberkante (GOK) und Unterkante des Grundwasserstauers, der den zu erschließenden Grundwasserleiter überdeckt.**

Auf Pumpensämpfe ist zu verzichten, da sie Schadstoffe von der Grundwassermessstelle (Adsorption an Feinfraktion) abschirmen können, auf die fachgerechte Abdichtung des Ringraums wird hingewiesen.

2.2.7.2.2.3 Ringraum

An Ringraumverfüllungen sind folgende Anforderungen zu stellen:

- **Das Verfüllmaterial darf zu keiner chemischen, physikalischen oder biologischen Beeinträchtigung der Grundwasserqualität führen.** Die Grundwasserverträglichkeit des verwendeten Materials ist von der Bohrfirma nachzuweisen.

- Die Wahl der **Filterkieskörnung** und der **Filterschlitzweite** ist in Lockergesteinen auf die **Korngrößenverteilung des Aquifers** abzustimmen. Die Kieskörnung soll mindestens das Zweifache der Schlitzweite betragen und nicht zu klein gewählt werden, da ab einer Korngröße < 4 mm die Gefahr der Selbstabdichtung der Messstelle wächst.
- Durch geeignete Maßnahmen (Einsatz gleichkörniger Schüttgüter, Verwendung von Schüttrohren) ist sicherzustellen, dass beim **Einbringen des Verfüllmaterials** in den Ringraum während des Absinkens **im Wasser keine Sortierung von Korngemischen** auftreten kann, da dadurch die angestrebten Filter- bzw. Dichteigenschaften der Ringraumverfüllung nicht mehr gegeben sind.
- **Dichtstrecken sind mit Tonmaterialien** herzustellen, da diese sich zuverlässig der Bohrung anpassen und auch im Falle von Bewegungen im Ringraum ihre Funktion nicht verlieren. Für **Tongranulate** sind möglichst kleine Korndurchmesser zu wählen (< 15 mm), um sofort eine möglichst hohe Lagerungsdichte zu erzielen und die Gefahr des Klumpens an Engstellen herabzusetzen.
- **Das Bedarfsvolumen für die geplanten Verfüllstrecken ist vorab zu ermitteln**; als Hilfe kann die nachstehende Tabelle 8 dienen. Das **Material ist langsam und unter ständiger Volumenkontrolle** (z. B. Verwendung von Schüttkübeln mit definiertem Volumen) **einzubauen**. Ein bloßes Ausloten des Ringraums zur Ermittlung der Verfüllhöhe ist nicht zulässig. Verfüllfehler können erhebliche Setzungen des Ringraums und die Notwendigkeit eines Rückbaus der Grundwassermessstelle nach sich ziehen. Übergänge zwischen Tonabdichtungen und Filterkies sind stets durch den Einbau von Gegenfiltern gemäß DIN 4924 filterstabil herzustellen, um das Vermischen fein- und grobkörniger Partien zu vermeiden.
- Um **Setzungseinflüsse** im Ringraum zu berücksichtigen, ist die **Filterkiesschüttung** i. d. R. bis mind. 1 m über das Filterrohr zu führen.

Tab. 8: Füllmengen beim Messstellenbau

Durchmesser Filterrohr		Mindestbohrdurchmesser (Außendurchmesser + 2 • 80 mm)	Füllmengen (l / m) bei gängigen Bohrdurchmessern (mm)				
DN	Zoll		300	311	318	368	419
125	5	300	58	63	67	94	125
150	6	325	—	—	88	120	120
200	8	385	—	—	—	107	107

Bei anderen Bohrdurchmessern errechnet sich die Füllmenge nach folgender Formel:

$$\text{Füllmenge (l/m)} = \frac{\left(r^2(\text{Bohradius [mm]}) - r^2(\text{Ausbauradius [mm]}) \right) * \pi}{1000}$$

2.2.7.2.4 Messstellenabschluss

Der Messstellenabschluss muss folgende Kriterien erfüllen:

- Frostsicherheit
- Abschließbarkeit (z. B. Verwendung einer Seba-Kappe oder gleichwertig)
- dauerhafte Beschriftung mit der Messstellenbezeichnung
- Tagwasserdichtheit in Umgangsbereichen mit grundwassergefährdenden Flüssigkeiten
- Schutz vor Beschädigungen

Die Art des Messstellenabschlusses (Über-/Unterflur) richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen. Die (kostengünstigeren) **Überflurabschlüsse** bestehen i. d. R. aus einem verschließbaren, verzinkten (Überflur-)Stahlrohr, das von einem Betonsockel (Pegelstein) bzw. von einem verfüllten Schachtring vor Beschädigung geschützt wird.

Unterflurabschlüsse werden (bodengleich) in den Untergrund einbetoniert. Die Ausführung richtet sich nach den örtlichen Anforderungen (Befahrbarkeit durch PKW/LKW, Tagwasserdichtheit, Platzbedarf für Anschlüsse, z. B. bei Sanierungsmaßnahmen).

2.2.7.2.3 Klarpumpen

- Mit dem **Klarpumpen** kann im **obersten Grundwasserstockwerk** begonnen werden, **sobald der Messstellenausbau abgeschlossen ist.**
- Beim **Erschließen tieferer Grundwasserstockwerke** ist eine **Standzeit der Messstelle von mindestens einer Woche einzuhalten**, um Erosionen von Dichtungsschichten infolge starker hydraulischer Gefälle im Ringraum auszuschließen.
- Die Messstelle ist bis zur Trübungsfreie und ggf. mit intermittierendem Pumpbetrieb klarzupumpen. Wurden beim Bohren Spülmittel zugesetzt, ist der Austrag des Spülmittels zu überprüfen. Das Klarpumpen ist beendet, wenn physikalische, chemische und gegebenenfalls mikrobiologische (bei Gefahr erhöhter Keimzahlen) Untersuchungen belegen, dass sich die Beschaffenheit des gefördert Grundwassers nicht mehr ändert.

2.2.7.2.4 Mehrfachmessstellen

Von Mehrfachmessstellen, d. h. von mehreren Grundwassermessstellen zur Erschließung verschiedener Grundwasserstockwerke in einem Bohrloch ist abzuraten, da erfahrungsgemäß ein ordnungsgemäßes Abdichten der Messstellen gegeneinander sehr schwierig ist. Hinzu kommt, dass bei Mehrfachmessstellen der Bohrdurchmesser entsprechend vergrößert werden muss, so dass dadurch i.d.R. nur eine geringe Kostenersparnis zu erzielen ist.

2.2.7.3 Prüfen von Grundwassermessstellen

2.2.7.3.1 Kontrollen während des Baus

- Ständige Aufnahme des Bohrprofils einschließlich Informationen über die Hydrogeologie (z.B. Klüfte) durch einen Geologen
- Ermittlung des Wasserstands bei Antreffen des Grundwassers
- Messung des Wasserstands zu Beginn eines jeden Bohrtags
- Geophysikalische Messungen im Bohrloch, falls erforderlich

2.2.7.3.2 Abnahme und Erstuntersuchung nach Fertigstellung

Nach Fertigstellung ist die Messstelle klarzupumpen und der GW-Spiegel in cm-Genauigkeit bezogen auf NN einzumessen.

Die **Abnahme** erfolgt durch Nachweis des hydraulischen Kontakts der Messstelle durch Abpumpen, Pump- bzw. Auffüllversuch. Die Lage eingebauter Tonsperren ist mit dem Verfahren der Gamma-Ray-Log zu prüfen.

2.2.7.3.3 Routinekontrollen während des Betriebs

- Ausloten der Tiefe der Messstelle
- Abpumpen der Messstelle und Kontrolle des Zulaufs (Prüfen des hydraulischen Kontakts)

Falls Hinweise auf eine **eingeschränkte Funktion** der Messstelle vorliegen:

- Pumpversuch
- Kamerabefahrung
- Geophysikalische Messungen (siehe auch DVGW-Merkblatt W 110)

2.2.7.3.4 Eignung und Sanierung vorhandener Grundwassermessstellen

Die **Eignung** vorhandener Messstellen kann auf Grund der Bohr- und Ausbauprofile und bereits durchgeführter Betriebskontrollen geprüft werden. Liegen nicht mehr alle Daten über die Messstellen vor, sollte der Messstellenausbau durch geophysikalische Messungen und/oder Kamerabefahrungen geprüft werden, da Grundwasseruntersuchungen sonst u. U. nur bedingt aussagekräftig sind.

Die Verwendung bereits vorhandener Grundwassermessstellen richtet sich nach den Erfordernissen eines jeden Einzelfalls.

Die **Sanierung** von Grundwassermessstellen bringt häufig Kosten mit sich, die den Neubau einer Messstelle (und bei Bedarf den sachgerechten Rückbau der alten Messstelle) sinnvoller erscheinen lassen. Hinzu kommt, dass Regenerierungsmaßnahmen, wie sie auch bei Brunnen durchgeführt werden, oft nur kurzfristige Verbesserungen erzielen.

2.2.7.3.5 Rückbau von Grundwassermessstellen

Nicht mehr benötigte oder schadhafte Grundwassermessstellen müssen entsprechend der hydrogeologischen Situation rückgebaut werden. Damit soll die Ausbildung bevorzugter Fließwege im Bereich der Deckschichten und zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken unterbunden werden.

Für den Rückbau von Grundwassermessstellen kommen folgende Maßnahmen in Betracht:

- Verfüllung der Bohrung,
- Perforation und Ringraumabdichtung,
- Entfernen der Ausbauperforation,
- teilweises Entfernen der Ausbauperforation durch Rohrschnitt,
- Ringraumabdichtung mittels Injektionslanzen.

Einzelheiten hierzu finden sich im DVGW-Arbeitsblatt W 135 - Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen (Ausgabe 11/98).

2.2.7.4 Dokumentation von Grundwassermessstellen

Für die Grundwassermessstelle ist folgender Datenbestand zu dokumentieren:

- Gemarkung, Flurstück, Eigentümer
- Topographische Karte M = 1 : 25.000 (Auszug mit Angabe der Blatt Nr.) einschließlich Zufahrtswege
- Detaillageplan (M = ca. 1 : 1000 oder genauer)
- GAUSS-KRÜGER-Koordinaten
- Höhe des Ansatzpunktes für die Messung der Grundwasserstände (i. d. R. Messstellenoberkante) in m NN sowie Bezeichnung, Lage und Höhe (m NN) des Höhenfestpunkts bzw. eines Bezugspunkts
- Die Dokumentation des durch die Bohrung aufgeschlossenen **Schichtenaufbaus** und des Ausbaus der Messstelle erfolgt in Form von Bohrprofilen nach DIN 4023 und in Form von Schichten-

verzeichnissen nach DIN 4022. Die Korrelation zwischen dem Bohrprofil und dem Ausbauprofil muss aus den Zeichnungen hervorgehen.

2.2.7.5 Entnahme von Grundwasserproben

2.2.7.5.1 Probennahmegeräte und Vor-Ort-Messgeräte

Für die Entnahme von Grundwasserproben sind folgende, dem Stand der Technik entsprechende Geräte vorzuhalten:

- Lichtlot,
- Schöpfergeräte,
- regelbare Unterwasserpumpe (Tauchmotorpumpen),
- Saugpumpe, Förderleistung mindestens 1 m³/h, mit Zubehör, Förderleistung drosselbar,
- geeignete Steigrohre für den Hauptförderstrom,
- Messgeräte für Vor-Ort-Messungen von pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt.

Die verwendeten Werkstoffe dürfen keine analytisch relevanten Stoffe aus dem Wasser adsorbieren oder in die Probe abgeben.

In der Praxis sollten möglichst nur Tauchmotorpumpen verwendet werden, da sie bis in große Tiefen einsetzbar sind und Entgasungen weitestgehend ausgeschlossen werden können.

Vor-Ort-Messgeräte müssen regelmäßig kalibriert werden. Für jede Messgröße ist festzulegen, wie häufig die Funktionsprüfungen der Geräte sowie die Kalibrierungen (täglich vor jedem Einsatz oder mindestens einmal pro Arbeitswoche) zu erfolgen haben. Weiterhin sollte einmal im Monat die Überprüfung mit den entsprechenden Laborgeräten vorgenommen werden.

Die Gerätschaften müssen frei von Rückständen bzw. Kontaminationen aus vorherigen Probennahmen sein. Alle Geräte, insbesondere auch Pumpen und Steigrohre, sind nach jeder Probennahme auch zwischen einzelnen Messstellen einer Verdachtsfläche gründlich mit destilliertem Wasser zu säubern. **Kontaminierte Steigrohre sind - wenn sie nicht mehr zuverlässig gereinigt werden können - generell auszuwechseln.**

2.2.7.5.2 Vorbereitung der Probennahme

Für die ordnungsgemäße Probennahme muss das Probennahmepersonal über vollständige und aktuelle Akten verfügen, aus denen alle wesentlichen Informationen zu ersehen sind:

- Ortsbeschreibung
- Lageplan der GW - Messstellen

- Anzahl der GW - Messstellen
- Messstellenkennung der Probennahmestellen
- Ausbauplan
- vorgesehener Analysenumfang
- etwaige Kontaminationen
- Arbeitsanweisungen (einschließlich Arbeitsschutz)
- vorgesehene Entsorgung.

Um eine sachgemäße Entnahme von Grundwasserproben zu Gewähr leisten, muss für die Planung größte Sorgfalt verwandt werden.

Zur Vorbereitung der Probennahme gehört die Bereitstellung von

- Probennahmeprotokollvordrucken,
- gereinigten Probennahmegerätschaften,
- gereinigten Probenbehältnissen in ausreichender Zahl entsprechend den zu untersuchenden Parametern (s. Abschnitt 2.3 Probenbehandlung),
- Material zur Kennzeichnung der Probenbehältnisse,
- Chemikalien zur Konservierung,
- Kühltaschen und dazugehörige Kühlelemente,
- Geräten für die Vor-Ort-Untersuchungen,
- weiteren Geräten zur Probenvorbehandlung,
- Einweghandschuhen, sauberen Gummistiefeln,
- Arbeitsschutzkleidung bei hochkontaminierten Grundwässern,
- Sicherheitsgerätschaften sowie Werkzeugen und Verschleißteilen zur Vor-Ort-Reparatur der Probennahmegerätschaften,
- destilliertem Wasser für Reinigungszwecke.

Ferner ist die Vorbereitung des Probennahmefahrzeugs vorzunehmen und die Bereitstellung von Entsorgungsmöglichkeiten für kontaminiertes Grundwasser einzuplanen.

Komplexe Projekte bzw. Besonderheiten bei der Probennahme sind in einem Vorgespräch mit den Probennehmern abzuklären.

2.2.7.5.3 Durchführung der Probennahme

Vor der Durchführung der Probennahme sollte der Probennehmer folgende Punkte überprüfen:

- Veränderungen im Gelände,
- die Identität der Probennahmestelle, die Beschriftung der Probengefäße (Messstellenummer, Entnahmedatum, Entnahmezeit, Angabe von Konservierungsmaßnahmen) und die vorbereiteten Probennahmeprotokolle (um Verwechslungen auszuschließen),

– ob die Messstelle in dem Zustand vorhanden ist, der in den entsprechenden Unterlagen beschrieben ist.

2.2.7.5.3.1 Bestimmung der Vor-Ort-Parameter

Die Bestimmung der Feldparameter ist Bestandteil einer qualifizierten Probennahme. Folgende Parameter sind bei jeder Probennahme vor Ort zu bestimmen:

- Organoleptische Prüfung
 - Färbung, Trübung, Geruch und Bodensatz (qualitativ)
- Physikalisch-chemische Parameter
 - Wassertemperatur
 - Elektrische Leitfähigkeit (mit Angabe der Bezugstemperatur)
 - ggf. Redox-Spannung
 - pH-Wert (mit Angabe der Wassertemperatur)
- Gelöste Gase
 - Sauerstoff
 - ggf. Kohlenstoffdioxid (Basekapazität bis pH 8,2; $K_{B8,2}$)

Alle Handhabungen vor Ort sind “analytisch sauber” durchzuführen. Mögliche Fehlerquellen sind:

- Kontaminationen der Probe durch
 - unzureichendes Reinigen der Geräte (z. B. Steigrohre und Halteseile)
 - Konservierungschemikalien
 - lösungsmittelhaltige Filzschreiber
 - Aufnahme von CO₂ oder O₂ aus der Umgebungsluft
 - Abgase vom Stromaggregat (deshalb: Aufstellung in großer Entfernung in windabgewandter Richtung)
- Verluste von Stoffen durch
 - Ausgasung leichtflüchtiger Inhaltsstoffe durch Aufbewahrung in nicht gasdichten oder nicht vollständig gefüllten Behältnissen
 - falsch angewandte Probennahmetechnik bei flüchtigen Stoffen (z. B. Saugtechnik)
 - Diffusion von Probennahmestoffen in das Gefäßmaterial
 - Sorption von Inhaltsstoffen (z. B. Feststoffe) an Steigrohr und Gefäßwandungen
- Veränderungen der Proben durch chemische und biochemische Reaktionen wie
 - oxidierende oder reduzierende Inhaltsstoffe
 - bakterielle Tätigkeit

2.2.7.5.3.2 Entnahme von Grundwasserproben

Die generelle Vorgehensweise bei der Probennahme an Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen ist in den Richtlinien des DVWK, der LAWA und der DIN 38402 Teil 13 beschrieben.

Grundsätzlich hat die Entnahme des Grundwassers so weit unterhalb des Ruhewasserspiegels zu erfolgen, dass bei Förderung der Betriebswasserspiegel oberhalb der Pumpe verbleibt. Der tatsächliche Entnahmepunkt ist im Protokoll zu vermerken. Die Entnahmehöhe sollte ca. 2 m unter dem Betriebswasserspiegel im Bereich des Filters liegen.

Grundwasserproben sind durch Abpumpen (möglichst mit Unterwasserpumpen) zu gewinnen. Vor der Probennahme aus Grundwassermessstellen und Brunnen ist so lange abzupumpen, bis das geförderte Wasser dem des umgebenden Grundwasserkörpers entspricht und nicht mehr durch die Messstelle beeinflusst ist. Der Zeitpunkt für die repräsentative Probennahme ist in der Regel erreicht, wenn im geförderten Grundwasser die nachfolgend aufgeführten Parameter

- pH-Wert auf $\pm 0,1$
- Temperatur auf $\pm 0,1$ °C
- Leitfähigkeit auf ± 10 %
- Sauerstoffgehalt auf $\pm 0,2$ mg/l

während der Messzeit von 10 Minuten innerhalb der angeführten Toleranzen konstant sind.

Die physikochemischen Untersuchungsparameter werden vorzugsweise in einer Durchflussmesszelle ermittelt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anordnung der Elektroden sowie die Konstruktion der Messstrecke (Durchflussmesszelle) selbst eine laminare Anströmung mit optimaler Anströmgeschwindigkeit Gewähr leisten. Dokumentiert werden die Werte in einem zeitlichen Abstand von maximal 5 Minuten.

In den letzten Jahren wurden zur Optimierung der Probennahme vermehrt computergestützte Systeme eingesetzt. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die jeweiligen Verhältnisse bei der Beprobung genau zu erfassen. Neben der kontinuierlichen Aufnahme der physikochemischen vor-Ort-Parameter erhält man in der Regel Informationen über abgepumpte Wassermengen, die Veränderungen des Wasserspiegels, etc.. Generell kann man feststellen, dass Probennahmen, die mit Hilfe solcher Systeme durchgeführt wurden, die anschließende Bewertung erleichtern.

Ist die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters nur gering (geringe Grundwassermächtigkeit), dann ist die anstehende Wassersäule wenigstens so weitgehend abzupumpen, dass eine Probe von möglichst frisch nachfließendem Grundwasser entnommen werden kann. Sofern keine repräsentative Pumpprobe gewonnen werden kann, ist dies im Probennahmeprotokoll zu erläutern und bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Die Entnahme von Grundwasserproben mit Schöpfgeräten ist nur in Ausnahmefällen, da sie z.B. bei leichtflüchtigen Stoffen zu deutlichen Minderbefunden führen, oder bei besonderen Fragestellungen zulässig. So z. B., wenn eine horizontierte Beprobung des Standwassers in der Messstelle sinnvoll erscheint (z. B. Schichtung, Öl in Phase etc.) oder wenn die Wasserergiebigkeit für Pumpproben nicht ausreicht.

Bei frei austretendem Grundwasser (Quellwasser, Hangwasser usw.) erfolgt die Entnahme grundsätzlich über Schöpfproben, die möglichst unmittelbar an der Austrittsstelle gewonnen werden. Spezielle Entnahmegерäte sind in diesem Fall nicht erforderlich. Das Befüllen der Probenflaschen erfolgt fallweise über Trichter (überstauter Trichter) oder mittels Eintauchen der Flaschen. Sekundärkontaminationen des Wassers sind dabei zu vermeiden (Hand unterstromig der Flaschenöffnung!) und Arbeitsschutzaspekte (Schutzhandschuhe!) zu berücksichtigen.

Die Probennahme an mehreren Grundwassermessstellen im Bereich einer Untergrundverunreinigung ist an **einem** Tag durchzuführen (Stichtagsmessung). Vorab ist jeweils der Ruhewasserspiegel des Grundwassers auf NN bezogen in Zentimeter-Genauigkeit einzumessen. Es hat sich bewährt, dabei auch die Messstellentiefe auszuloten, um das Volumen der Wassersäule berechnen und ggf. Verschlammungen an der Sohle erkennen zu können.

Das abgepumpte Grundwasser ist so abzuleiten, dass die Probennahme nicht beeinflusst wird. Eine Wiedereinleitung in das Grundwasser kommt i. d. R. nicht in Frage. Bei Kurzpumpversuchen und entsprechend niedriger Kontamination wird man das überschüssige abgepumpte Grundwasser in ein oberirdisches Gewässer oder in die Kanalisation einleiten können. Bei hoher Belastung sind andere Entsorgungswege (z. B. Tankwagen) vorzusehen. Das Vorgehen ist mit der zuständigen Wasserbehörde abzustimmen.

2.2.7.5.3.3 Entnahme von tiefenspezifischen Grundwasserproben

Im Rahmen der Detailuntersuchung sowie in besonderen Fällen kann der Einsatz einer tiefenspezifischen Probennahme angezeigt sein. Unter Berücksichtigung eines vertretbaren Kostenaufwands stehen zwei Methoden zur Verfügung:

Doppelpacker

Die Anwendung des Doppelpackers beschränkt sich auf durchgehend verfilterte Messstellen bei einer Aquifermächtigkeit < 20 m. Oberhalb und unterhalb der Tauchmotorpumpe installierte und mit Druckluft aufzupumpende Gummimanschetten dichten die Messstelle nach oben und unten ab. Die Probennahme erfolgt aus dem Bereich der eingehängten Pumpe.

Multi-Level-Messstelle

Spezieller Messstellenausbau, bei dem Kiesklebefilter an einem Führungsrohr in den später zu beprobenden Tiefen positioniert werden. Von jedem Filter wird ein Schlauch zur Probennahme an die Geländeoberkante geführt. Wesentlich für eine tiefenspezifische Probennahme ist die gleichzeitige Beprobung aller Tiefen. Die Einsatzgrenze dieser Messstellentechnik liegt bei einem Flurabstand von ca. 8 m, da Saugpumpen eingesetzt werden. Größere Flurabstände sind nur unter einem erheblichen Technikaufwand zu beproben.

2.2.7.5.3.4 Abfüllen von Grundwasserproben

Bei der Probennahme und beim Befüllen der Probenbehälter müssen Einflüsse, die die Probe verändern können, vermieden werden:

- Proben, die auf leichtflüchtige Verbindungen untersucht werden sollen, sind vor Ort in Headspace-Gefäße zu füllen.
- Es ist darauf zu achten, dass möglichst wenig Luftblasen im Wasser enthalten sind. Unter Umständen ist die Förderleistung so weit zu drosseln, dass der Eintrag von Luftblasen beim Befüllen der Probenflaschen verhindert wird. Daher sollte das Befüllen der Probengefäße nicht aus dem Förderschlauch, sondern über einen Schlauch mit geringerem Durchmesser (By-pass-Schlauch) erfolgen. Dazu wird dieser Schlauch ggf. mit aufgestecktem Glasrohr in das Probengefäß eingetaucht.
- Beim Abfüllen von Flaschen ohne vorgelegte Konservierungsstoffe soll der Schlauch in die Flasche bis zum Gefäßboden eintauchen; das Wasser soll kurz überlaufen, bevor die Flasche verschlossen wird. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die richtige Wahl des Materials des Probengefäßes sowie der Rohrleitungen, Schläuche etc. (Adsorptions- und Extraktionseffekte berücksichtigen!).
- Enthält das zu beprobende Grundwasser ungelöste Stoffe, so ist ein Spülen der Flaschen vor Ort zu unterlassen.
- Sind Probenvorbehandlungsmaßnahmen (z. B. Filtrieren) durchzuführen, so erfolgen diese vor der Konservierung.

2.2.7.5.4 Dokumentation der Probennahme und Probenübergabe

Alle Beobachtungen und Vorgänge während der Probennahme sind in einem Protokoll (vgl. Anlage 6) zu dokumentieren. Insbesondere sind anzugeben:

- Bezeichnung und Beschreibung der Entnahmestellen (Lage, Brunnenausbau),
- Ruhewasserspiegel (auf NN bezogen in Zentimetergenauigkeit, Angabe des Messgeräts - z.B. Lichtlot),
- Zeitpunkt der Probennahme,
- Bezeichnung der Probe (eindeutige Beschriftung),

- Beschreibung des Entnahmeprozesses (gepumpt/geschöpft; Förderstrom, Pumpdauer, Förder-
volumen bis zur Probenahme),
- Ergebnisse der Untersuchungen der Probenahme vor Ort,
- Art der Probenvorbereitung und -konservierung sowie Material des Probenahmegefäßes
(siehe auch Teilthema 2.3),
- Funktionstüchtigkeit der Grundwassermessstellen,
- besondere Beobachtungen (z. B. auffällige Ablagerungen, usw.),
- Name und Dienststelle des Probennehmers.

Die Proben sollten der Untersuchungsstelle am Tag der Probenahme zugeleitet werden.

Die qualifizierte und gesicherte Übergabe der Proben und der dazugehörigen Dokumente (z.B. Protokoll, Skizzen, Fotos) an einen verantwortlichen Mitarbeiter der Untersuchungsstelle ist sicherzustellen. Der Anlieferungszustand der Proben ist zu dokumentieren.

2.2.8 Literaturverzeichnis

AG Bodenkunde (Arbeitsgruppe Bodenkunde der geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD 1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover 1994, Nachdruck 1996.

Barrenstein, A. & Leuchs, W.: Strategien und Techniken zur Gewinnung von Feststoffproben. In: (LWA)-Materialien 1/91, Landesamt für Wasser und Abfall, Probennahme bei Altlasten. Düsseldorf, 1991.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen:
Altlasten-Handbuch Bayern, Entwurf; Stand: Januar 1998.

Blume et al.: Kartierung von Stadtböden - Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der DBG für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). Texte 18/89 Umweltbundesamt. Berlin, 1989.

BMELF: Der Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). Arbeitsanleitung. Bonn, 1990.

Bodenkundlicher Kartieranleitung: 4. Auflage 1994, berichtigter Nachdruck 1996

Bortlitz, J.: Probennahme und Probenvorbereitung für die anorganische und organische Spurenanalytik in Wässern und Schlämmen. - Aachener Werkstattgespräch am 19. und 20. Sept. 1985 in Roetgen. Sonderdruck aus: Gewässerschutz, Wasser, Abwasser. Nr. 86. Aachen, 1986.

Bundesministerium der Justiz: Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall); Bundesanzeiger Verlagsges. mbH.; Köln; vom 14.05.1993.

Bundesministerium des Innern: Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall); Carl Heymanns Verlag KG; Bonn; vom 1991.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG); Bundesgesetzblatt Nr. 16; Bonn; am 24.03.1998.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); Bundesgesetzblatt Nr. 36; Bonn; vom 12.07.1999.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Klärschlammverordnung (AbfKlärV); Bundesgesetzblatt Nr. 21; Bonn; am 28.04.1992.

Bundesregierung: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) vom 27.01.1999 (BGBl I S.50)

Burmeier et al.: Sicheres Arbeiten auf Altlasten. Handlungsanleitungen für Aufsichtsbehörden, Planer und Ausführende. Aachen, 1990.

Delschen, T. & König, W.: Kartierung und Probennahme im Mindestuntersuchungsprogramm Kulturböden. In: Landesamt für Wasser und Abfall (LWA) - Materialien 1/91. Probennahme bei Altlasten. Düsseldorf, 1991.

DIN EN 166: Persönlicher Augenschutz – Anforderungen, Entwurf 1998, (deutsche Fassung)

DIN EN 325 – 1: Gehörschützer, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, Teil 1: Kapselgehörschützer, 1993, (deutsche Fassung)

DIN EN 343: Schutzkleidung – Schutz gegen schlechtes Wetter, Vornorm 1998, (deutsche Fassung)

DIN EN 345 – 1: Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch, Teil 1: Spezifikation, 06,1997,(deutsche Fassung)

DIN EN 352 – 2: Gehörschützer, Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, Teil 2: Gehörschutzstöpsel, 1993, (deutsche Fassung)

DIN EN 1511: Schutzkleidung – Schutz gegen flüssige Chemikalien – Leistungsanforderung an Chemikalienschutzkleidung zum begrenzten Einsatz mit spraydichten Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen der Kleidung (Ausführung Typ 4 zum begrenzten Einsatz), 10- 1994 (deutsche Fassung)

DIN EN 1512: Schutzkleidung – Schutz gegen flüssige Chemikalien – Leistungsanforderung an Chemikalienschutzkleidung zum begrenzten Einsatz mit flüssigkeitsdichten Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen der Kleidung (Ausführung Typ 3 zum begrenzten Einsatz), 10- 1994, (deutsche Fassung)

DIN 4020, Blatt 1: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke; Anwendungshilfen, Erklärungen, Oktober 1990.

DIN 4021: Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben, Oktober 1990.

DIN 4022, Teil 1: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels, September 1987.

DIN 4022, Teil 2: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein), März 1981.

DIN 4022, Teil 3: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein), Mai 1982.

DIN 4023: Baugrund- und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse, März 1984

DIN 4094: Baugrund, Erkundung durch Sondierungen, Oktober 1990.

DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau, August 1981.

DIN 4840: Arbeitsschutzhelme; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung, Februar 1989.

DIN 4924: Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter, Februar 1972.

DIN 13169: Erste – Hilfe – Material: Verbandskasten E (08 – 1996)
Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich

DIN 18123: Baugrund. Untersuchung von Bodenproben. Bestimmung der Korngrößenverteilung, April 1983.

DIN 19671, Blatt 1: Rillenbohrer, Rohrbohrer, 1964.

DIN 19671, Blatt 2: Gestänge, Flügelbohrer, Bohrschappe, Marschenlöffel, Spiralbohrer, 1964.

DIN 19672, Blatt 1: Bodenentnahmegерäte für den Landeskulturbau, 1968.

DIN 19672, Teil 1: Bodenentnahmegерäte für den Landeskulturbau, April 1988.

DIN 19681: Bodenuntersuchungen im landwirtschaftlichen Wasserbau - Entnahme von Bodenproben, Mai 1970.

DIN 38402, Teil 13: Probennahme aus Grundwasserleitern, 1985.

DIN 58211: Augenschutzgeräte; Schutzbrillen; Begriffe und sicherheitstechnische Anforderungen, Januar 1988.

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches): Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen, DVGW - Merkblatt, W 121, Oktober 1988.

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches): Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermeßstellen und Brunnen Arbeitsblatt W 135, November 1998.

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließen von Grundwasser, DVGW - Merkblatt, W 110, Juni 1990.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau): Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben - Regeln zur Wasserwirtschaft 128/1992.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau): Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen; DVWK - Merkblätter zur Wasserwirtschaft 245/1997.

Eckhoff, U. & Küchen, W.: Aspekte der Arbeitssicherheit und Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Probennahme auf Altlasten und Verdachtsflächen. In: Landesamt für Wasser und Abfall (LWA) - Materialien 1/91. Probennahme bei Altlasten. Düsseldorf, 1991.

EN 352-1: Gehörschützer; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen; Teil 1: Kapselgehörschützer, Oktober 1993

EN 397: Industriehelme, Entwurf 1998, (deutsche Fassung)

pr EN 149: Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikel - Anforderung, Prüfung und Kennzeichnung, Entwurf 1998, (deutsche Fassung)

pr EN 374 – 1: Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen, Entwurf 1998, (deutsche Fassung)

Franzius et al.: Handbuch der Altlastensanierung, Loseblattsammlung. Heidelberg 1988 ff.

Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde: Merkblätter zur Qualitätssicherung, Merkblatt Nr. 6: Entnahme von Bodenproben bei Bohr- und Sondierarbeiten für die chemische Analytik; Stand 28.11.1994.

Hartge, R. & Horn, R.: Die physikalische Untersuchung von Böden. 2. Aufl. Stuttgart, 1989.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Erarbeitung und Zusammenstellung von Hinweisen zur Entnahme und Untersuchung von Bodenproben; Stand: Dezember 1993.

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (ITVA): Entwurf der Arbeitshilfe "Aufschlußverfahren zur Probengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten" des ITVA-Fachausschusses F2 "Probennahme"; Stand: 25.04.1994.

Innenministerium des Landes Baden-Württemberg: Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probennahme und -aufbereitung (VwV Bodenproben); Stand: 29.03.1993.

ISO 10381 - 1 (Entwurf): Bodenbeschaffenheit - Probenahme; Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen, Februar 1996

ISO 10381 - 2 (Entwurf): Bodenbeschaffenheit - Probenahme; Anleitung für Probenahmeverfahren, Februar 1996

ISO 10381 - 3 (Entwurf): Bodenbeschaffenheit - Probenahme; Anleitung zur Sicherheit, Februar 1996

ISO 10381 - 4 (Entwurf): Bodenbeschaffenheit - Probenahme; Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten, Februar 1996

ISO 10381-6: Bodenbeschaffenheit; Probennahme; Anleitung zur Probennahme, Behandlung und Lagerung von Boden für die Bestimmung aerober mikrobieller Prozesse unter Laborbedingungen, November 1993.

LAGA-Richtlinie PN 2/78: Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen. Entnahme und Vorbereitung von Proben aus festen, schlammigen und flüssigen Abfällen, Kap. E und F, Dezember 1983.

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen /Abfällen - Technische Regeln -; Stand: 05.09.1995.

Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz:

Informationsblatt 01: Häufig angewandte Aufschlußverfahren für Boden/Deponat; Stand: Juli 1995;
Merkblatt ALEX 03: Probennahme von Boden und Deponat; Stand: März 1996.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung, Band 6/93; Verfahrensempfehlungen für die Probennahme bei Altlasten (Boden, Abfall, Grundwasser, Sickerwasser, Bodenluft); Karlsruhe 1991.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 5; Praxisbezogene Grundlagen und Kriterien für schadensfallgerechte Anwendung der Bodenluftabsaugung.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): AQS Merkblatt P 8/2, Probennahme von Grundwasser, Januar 1996.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Grundwasser - Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 1 - Grundwasserstand, 1982.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Grundwasser - Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 2 - Grundwassertemperatur, 1987.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Grundwasser - Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 3 - Grundwasserbeschaffenheit, März 1993.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Grundwasser - Richtlinien für Beobachtung und Auswertung Teil 4 - Quellen, 1995.

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Anleitung zur Entnahme von Bodenproben; Stand: April 1995.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin: Leitfaden zur Untersuchung kontaminierter Standorte (Altlasten); Stand: August 1991.

VDI-Richtlinie 3865, Blatt 1: Messen organischer Bodenverunreinigungen - Messen leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe; Meßplanung für Bodenluft-Untersuchungsverfahren; Oktober 1992

VDI-Richtlinie 3865, Blatt 2: Messen organischer Bodenluftverunreinigungen - Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben; Januar 1998

VDI-Richtlinie 3897: Emissionsminderung - Anlagen zur Bodenluftabsaugung und zum Grundwasserstrippen; Dezember 1997

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Die Untersuchung von Böden, Methodenbuch VDLUFA, Bd. II, Darmstadt, 1991.

ZH 1/187, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Schutzschuh-Merkblatt.

ZH 1/192, Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Augenschutz-Merkblatt.

ZH 1/570, Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Schutzhandschuh-Merkblatt.

ZH 1/183, Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen.

ZH 1/134, Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Atemschutzmerkblatt.

ZH 1/105, Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Schutzkleidungsmerkblatt.

2.2.9 Glossar

Aquifer: Grundwasserleiter, d. h. eine Schicht, die Grund- oder Mineralwasser enthält und geeignet ist, es weiterzuleiten.

Bodenansprache/Probenansprache: Beschreibung der jeweiligen stofflichen Zusammensetzung eines Bodenhorizontes bzw. einer Bodenschicht (u.a. Bodenart, Konsistenz, Farbe, Fremdbestandteile etc.) mittels sensorischer Prüfung und chemisch-physikalischer Felduntersuchungsmethoden

Bodenaufschluss: hier: geologische Untersuchungsmethoden zur Erkundung von Altlasten(verdachtsflächen) durch Schürfe oder Bohrungen. Indirekte, d. h. geophysikalische Aufschlussverfahren wie z.B. Georadar, werden im vorliegenden Papier nicht behandelt.

Blindprobe: Probe, die dem Untersuchungslabor zur Qualitätssicherung verdeckt zur Analyse übergeben wird.

Doppelproben: Vor Ort homogenisierte Proben, die zur Überprüfung des Untersuchungslabors diesem unter verschiedenen Bezeichnungen zugeführt werden.

Einzelprobe: Bodenmaterial von einem Probennahmepunkt (Rasterpunkt) und einer/s für die Zielsetzung der Probennahme einheitlichen Schicht/Horizonts.

Gamma-(Ray-)Log-Verfahren: Geophysikalische Meßmethode zur Bestimmung der vertikalen Änderung der Gammaaktivität in einem Bohrloch durch Bohrlochsonden. Hohe Gammaaktivität ist ein Indiz für tonhaltige (Sperr-)schichten im Untergrund.

Größtkorn: Als Größtkorn wird hier das vorwiegend vorliegende größte Korn bezeichnet. Vereinzelt vorkommende größere Kornfraktionen werden nicht zur Bestimmung des Größtkorndurchmessers herangezogen.

Horizont: ein Bodenabschnitt, der sich aufgrund diagnostischer Merkmale von anderen Bodenabschnitten trennen läßt.

Konventionsverfahren: Untersuchungsverfahren, das durch festgelegte Übereinkünfte hinsichtlich der Durchführung des Verfahrens definiert ist. Konventionsverfahren liefern keine Absolutwerte, sondern lediglich miteinander vergleichbare Werte, die die Größenordnung des absoluten Gehaltes so exakt wie möglich widerspiegeln.

Mehrfachmessstellen: Mehrere Grundwassermessstellen in einem Bohrloch zur Erschließung verschiedener Grundwasserstockwerke.

Mischprobe: Probe, die durch Zusammenmischung definierter Einzelproben vor Ort oder im Labor hergestellt wird.

Multi-Level-Messstelle: Durch speziellen Aufbau der Grundwasser-Messstelle ermöglichte gleichzeitige Beprobung verschiedener Tiefenschichten.

Oberboden: Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

Organoleptische Prüfung: Bezeichnung für die sensorische Wahrnehmung von z.B. Geruch, Färbung oder Trübung durch die menschlichen Sinnesorgane bei der Untersuchung von Altlasten bzw. Altlastverdachtsflächen

Probennahmepunkt: der Ort, an dem Bodenmaterial entnommen wird.

Probennahmestrategie: dem jeweiligen Einzelfall angepasste Strategie, v. a. hinsichtlich der einzusetzenden Probennahmetechnik, der Probenpunktabstände (Beprobungs-, Meßraster) und der Probennahmetiefen zur möglichst repräsentativen Untersuchung von Altlasten bzw. Altlastverdachtsflächen unter Berücksichtigung der (potentiell) betroffenen Schutzgüter.

Probennahmetiefe: der ausgehend von der Bodenoberfläche ohne organische Auflage (= 0 cm) gerechnete Tiefenbereich in cm, aus dem eine Probe entnommen wird.

Qualifiziert: Status einer Einheit, wenn ihre Fähigkeit zur Erfüllung der festgelegten Qualitätsanforderung dargelegt wurde. (Anm. zu 'Einheit': Das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann. Eine Einheit kann z.B. sein eine Tätigkeit oder ein Prozess, ein Produkt, eine Organisation, ein System oder eine Person, oder irgendeine Kombination daraus.)

Qualität: Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.

Qualitätssicherung: Eigentlich Qualitätsmanagement, d. h. die Gesamtheit der Maßnahmen, die zum Zweck der Absicherung einer Mindestqualität (= Mindestgüte) hinsichtlich aller zur Probennahme gehörigen Arbeitsschritte angewendet werden. Qualitätssicherung im eigentlichen Sinne ist die Darlegung des betrieblichen Qualitätssicherungssystems, um beim Auftraggeber das notwendige Vertrauen in die zu erbringenden Leistungen zu schaffen.

Referenzprobe: Probe, die an einer Stelle entnommen wird, die von der Altlast bzw. Altlastverdachtsfläche sicher unbeeinflusst ist und an der keine bzw. nur geringe anthropogene Beeinflussungen zu erwarten sind. Sie dient der Ermittlung der kleinräumigen geogenen Hintergrundbelastung.

Relativmethoden: Untersuchungsmethode, die lediglich Werte ergibt, die miteinander verglichen werden können. Relativmethoden liefern keine absoluten Meßergebnisse, sondern lassen nur vergleichende Aussagen zu wie "Wert x ist (viel) größer, (viel) kleiner oder gleich Wert y".

Repräsentativität: das Probenmaterial soll die durchschnittliche Schadstoffbelastung der beprobten Bodenschicht bzw. des beprobten Horizontes aufweisen. Bei horizontalen Mischproben soll die Schadstoffbelastung der Schicht/des Horizontes der beprobten Fläche repräsentiert sein.

Reproduzierbarkeit: Wiederholbarkeit der durch die Probennahme erzielten Ergebnisse und die Möglichkeit, die Probennahme zumindest in ihrem groben Ablauf nachzuvollziehen.

Schicht: ein für die Zielsetzung der Probennahme einheitlicher Tiefenabschnitt. Dieser kann auch aus mehreren Horizonten bestehen.

Skelettgehalt: Massenprozent aller Korngrößenfraktionen > 2mm

XAD-Harz: Adsorber-Harz zur Adsorption von organischen Stoffen (z.B. von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen - LHKW)

2.2.10 Abkürzungsverzeichnis

DN: Nenndurchmesser

DOC: Dissolved organic carbon - gelöster organischer Kohlenstoff

GOK: Geländeoberkante

GW: Grundwasser

ITVA: Ingenieurtechnischer Verband Altlasten

MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentration

PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe: Im Allgemeinen die 16 nach EPA (Environmental Protection Agency) zu untersuchenden 16 Kongenere 'Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenzo[ah]-anthracen, Benzo[ghi]perylene, Indeno[1,2,3-cd]pyren'

PEHD/HDPE: Polyethylen hoher Dichte

pr EN: print EN - Vorstufe zur Norm oder Entwurf

PTFE: Polytetrafluorethylen

PVC: Polyvinylchlorid

TRGA: Technische Regeln für Gefährliche Arbeitsstoffe

TRGS: Technische Regeln Gefahrstoffe

TRK: Technische Richtkonzentration

VDI: Verband deutscher Ingenieure

ZH: Zentralstelle Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Anlage 1 Muster eines Formulars zur Anzeige von Bauarbeiten in kontaminierten Bereichen

(entsprechend Abschnitt 11.2 der Richtlinien)

Diese Anmeldung ist 4 Wochen vor Beginn der Arbeiten
den zuständigen Berufsgenossenschaften einzureichen.
1 Kopie ist jeweils den Subunternehmern auszuhändigen

Unternehmen/Firma.....
vollständige Anschrift.....
Mitglieds-Nr.....
1. Baustelle/Betriebsräume.....
Straße, Haus-Nr., Baulos:
PLZ/Ort/Ortsteil/Landkreis:
2. Art der Arbeit:
3. Dabei angewendete Arbeitsverfahren:
a)
b)
c)
4. Geräte und Baumaschinen, die auf der Baustelle zum Einsatz kommen:
.....
.....
5. Größte Tiefe unter Gelände a.) bei Baugruben: m b.) bei Gräben: m
6. Tag des Beginns.....
7. Voraussichtliche Dauer in Wochen.....
8. Zahl der hierbei im Durchschnitt eingesetzten Arbeitskräfte.....
9. Auftraggeber für die übernommene Arbeit:
Name/Anschrift:
10. An Subunternehmer vergebene Teilarbeiten:
a) an Firma..... zuständige Berufsgenossenschaft
b) an Firma..... zuständige Berufsgenossenschaft
c) an Firma..... zuständige Berufsgenossenschaft
11. Der Anzeige sind beigefügt:
..... Anlage 1 Auflistung der vermuteten oder bekannten Gefahrstoffe
..... Anlage 2 Beschreibung der Baumaßnahme und der Arbeitsverfahren
..... Anlage 3 Sicherheitsmaßnahmen
..... Anlage 4 Betriebseinweisung

Anlage 2 Muster eines Notfallausweises

ACHTUNG:

Der Inhaber dieses Notfall-Ausweises arbeitet auf einem Gelände, das gefährliche Stoffe beinhaltet. Die bislang als wesentlich angesehenen Gefahrstoffe sind in diesem Ausweis angeführt; weitere sind jedoch ebenfalls möglich. Über Art und Aufkommen der Gefahrstoffe kann der Ansprechpartner (Bauleiter, Betriebsleiter) nähere Auskünfte geben. Über den Gesundheitszustand können der Hausarzt oder der ermächtigte Arzt, der die Vorsorgeuntersuchung durchgeführt hat, Auskünfte geben. Bei Kenntnis der Gefahrstoffe kann eine der umseitig genannten Giftnotzentralen Hinweise zur Behandlung geben.

NOTFALL-AUSWEIS für Arbeiten in kontaminierten Bereichen

INHABER	HAUSARZT	OFFIZIELLE INFORMATIONSZENTREN FÜR VERGIFTUNGSFÄLLE
..... Name, Vorname
..... Geburtsdatum
..... Wohnort, Straße
.....
..... Staatsangehörigkeit

	GEFAHRSTOFFE	ARBEITSMEDIZINISCHE VORSORGEUNTERSUCHUNG
..... Betrieb	G 1 – 24 am (Datum): durch Dr. /volle Adresse . Tel)
..... Baustelle	G
.....	G
..... Ansprechpartner/Telefon	G
.....	G
.....	G
.....	G

Anlage 3 Gliederungsmuster einer Betriebsanweisung

1.	Arbeitsbereich / Platz / Tätigkeit:
2.	Gefahrstoffbezeichnung:
3.	Gefahren für Mensch und Umwelt:
3.1.	Gefährliche Reaktionen / Eigenschaften:
3.2.	Humantoxikologie:
3.3.	Ökotoxikologie
4.	Maßnahmen:
4.1.	Technische Sicherheitsmaßnahmen:
4.2.	Persönliche Schutzmaßnahmen:
4.3.	Verhaltensregeln und hygienische Maßnahmen:
5.	Verhalten im Gefahrenfall:
5.1.	Stoffaustritt:
5.2.	Stoffbrand
6.	Erste Hilfe:
6.1.	Unfälle mit Kontamination ohne Verletzung:
6.2.	Unfälle mit Kontamination mit Verletzung:
6.3.	Verschlucken von kontaminierter Flüssigkeit:
7.	Sachgerechte Entsorgung:
8.	Aushang:

Anlage 4 Muster eines Probennahmeprotokolls für Boden

I Probenkennzeichnung

Gemeinde: Landkreis:

Bezeichnung des Messpunktes:

Topographische Karte:

Flurnummer: Gemarkung:

Entnahmestelle: Rechtswert: Hochwert:

Projektname:

Projektnummer:

Projektleiter: Name: Telefon:

Datum der Probennahme: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:

Witterung:

Art der Entnahmestelle:

Entnahmearart/-gerät:

Bohrdurchmesser:

Bezeichnung der Probe:

Art der Proben: Oberboden
Unterboden

Probennahmefläche bei Flächenmischproben:

Probentransport: Raumtemperatur
Kühlung bei 4 °C
Tiefgefroren bei -18 °C

Probenaufbewahrung
bis zur Übergabe an
Untersuchungsstelle: Raumtemperatur
Kühlung bei 4 °C
Tiefgefroren bei -18 °C

II Durchführung der Probennahme:

Name: Institution:

Bemerkungen:

.....

.....

III Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:

IV Lageplan

V Schichtenprofil / Probenbeschreibung gemäß DIN 4022

Entnahmestelle:

Schichtenprofil				Probenbeschreibung						
(A) bis m unter	(B) Benennung und Beschreibung der Schicht			(C) Komponenten	(D) % Anteile	(L) Probenart	(M) Proben-Nr.	(N) Proben-nahmegerät	(O) Tiefe von bis (m)	(P) Bemerkung
Bohransatzpunkt	(E) Bodenart	(F) Farbe	(G) Geruch							
	(H) Konsistenz	(I) Humusgehalt	(K) Skelett							
Schichtenprofil				Probenbeschreibung						
(A)	(B)			(C)	(D)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
	(E)	(F)	(G)							
	(H)	(I)	(K)							
(A)	(B)			(C)	(D)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
	(E)	(F)	(G)							
	(H)	(I)	(K)							
(A)	(B)			(C)	(D)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
	(E)	(F)	(G)							
	(H)	(I)	(K)							
(A)	(B)			(C)	(D)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
	(E)	(F)	(G)							
	(H)	(I)	(K)							

Datum

Unterschrift

Das ausgefüllte Musterprotokoll dokumentiert beispielhaft die Anwendung:

Entnahmestelle:

Schichtenprofil					Probenbeschreibung					
(A) bis m unter	(B) Benennung und Beschreibung der Schicht			(C) Komponenten	(D) % Anteile	(L) Probenart	(M) Proben-Nr.	(N) Proben-nahmegerät	(O) Tiefe von bis (m)	(P) Bemerkung
Bohransatzpunkt	(E) Bodenart	(F) Farbe	(G) Geruch	ggf. Lagerungsdichte						
	(H) Konsistenz	(I) Humusgehalt	(K) Skelett							
0,7	Kies, sandig, steinig, Auffüllung									
	(E) G, s, x	(F) hbn	(G) muffig	Schlacke	5%	SP	2	Glas	0,6 - 0,7	Schlackelager
	(H) rollig	(I) schwach humos	(K) 10% Steine	Lockere Lagerung						
2,1	Kies, sandig, steinig (Auffüllung)			(C) Bauschutt	(D) 10%	(L) MP	(M) 3	(N) Glas	(O) 0,7 - 2,1	(P)
	(E)	(F)	(G)	Schlacke	5%					
	(H)	(I)	(K)	dichte Lagerung	Rest					
2,5	Kies, schwach sandig, schluffig, steinig (A) GW bei 2,2 m			(C) Bauschutt	(D) 5%	(L) MP	(M) 4	(N) Glas	(O) 2,1 - 2,5	(P) Geruch stark nach MKW
	(E)	(F)	(G)			BL	5	Minician	2,5	
	(H)	(I)	(K)							
4,3 (ET)	Kies, schwach sandig, schluffig; hoher Sondierwiderstand			(C)	(D)	(L) MP	(M) 6	(N) Glas	(O) 2,5 - 4,3	(P) Geruch leicht nach MKW
	(E)	(F)	(G)							
	(H)	(I)	(K)							

Datum

Unterschrift

Anlage 5 Muster eines Probennahmeprotokolls für Bodenluft

Bodenbeschreibung gemäß DIN 4022 in Verbindung mit DIN 4023 ist für jede Probennahmestelle entsprechend Anlage 7 anzufertigen.

I Probenkennzeichnung

Gemeinde: Landkreis:
Bezeichnung des Messpunktes:
Topographische Karte:
Flurnummer: Gemarkung:
Entnahmestelle: Rechtswert: Hochwert:
Projektname:
Projektnummer:
Projektleiter: Name: Telefon:
Datum der Probennahme: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:
Witterung:
Art der Entnahmestelle: Bohrloch: Dimension:
Abdichtung:
Gasbrunnen: temporär
stationär

II Probennahme

Meteorologische Daten: Temperatur Außenluft: °C
Temperatur Bodenluft: °C
Rel. Luftfeuchte: %
Luftdruck: hPa

Bezeichnung der Probe:

Entnahmetiefe:m unter GOK

Art der Probensammlung:

Adsorptionsröhrchen: Aktivkohle
Silicagel
Tenax
Sonstige:

Headspace-Gläschen

Gassammler (Gasmaus)

Direktmessung

Sonstige:

Absaugvolumen vor der Probennahme: Liter

Absaugzeit vor der Probennahme: min

Probennahmenvolumen: Liter

Probennahmezeit: min

III Transport- und Lagerbedingungen:

.....

IV Durchführung der Probennahme:

Name: Institution:

Bemerkungen:

.....

.....

V Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:

Unterschrift:

Anlage 6 Muster eines Probennahmeprotokolls für Grundwasser

Bodenbeschreibung gemäß DIN 4022 in Verbindung mit DIN 4023 sowie Ausbauskizze sind für jede Probennahmestelle beizufügen.

I Probenkennzeichnung

Gemeinde: Landkreis:

Bezeichnung des Messpunktes:

Topographische Karte:

Flurnummer: Gemarkung:

Entnahmestelle: Rechtswert: Hochwert:

Projektname:

Projektnummer:

Projektleiter: Name: Telefon:

Datum der Probennahme: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:

Witterung:

Art der Entnahmestelle:

- Grundwassermessstelle (GwM)
- Brunnen
- Schacht / Becken

Ausbau der Grundwassermessstelle:

- Kunststoffrohr
- Stahlrohr
- verzinktes Rohr

Datum des Ausbaus: Tag: Monat: Jahr:

Durchmesser / Abmessungen: cm

Ausbautiefe: m unter GOK

Filterstrecke: von bis m

Höhe OK der GwM: m über NN

Ruhewasserspiegel: m unter GOK

Bezeichnung der Probe / Probennahmestelle:

II Entnahmevorgang

Abpumpen Schöpfen

Pumpart: Saugpumpe

UW-Pumpe

Schöpfgefäß: Kunststoff

Metall

Entnahmetiefe: m unter OK GwM
 Pumpdauer: min
 Förderleistung zum Probennahmezeitpunkt: l/min
 Abgepumpte (bzw. abgeschöpfte)
 Wassermenge bis zur Probennahme: Liter
 Probenvolumen: Liter
 Art des Probenbehälters: Glas
 Kunststoff

III Wahrnehmungen und Messungen Vor-Ort:

Färbung:
 Trübung:
 Geruch:
 Lufttemperatur: °C

Uhrzeit	Wasser-temp. (°C)	pH-Wert	O ₂ -Gehalt (mg / l)	Leitfähigkeit (mS / m)	Redoxspannung	Basekap. bis pH 8,2 (K _B 8,2)	Bemerkungen

IV Probenvorbereitung und -überführung:

Proben Nr.	Parameter	Konservierungsmaßnahme	Konservierungsmittel und -menge	Transport und Lagerbedingungen (Kühlung bei °C)

V Durchführung der Probennahme:

Name: Institution:

Bemerkungen:

.....

.....

VI Übergabe der Proben an die Untersuchungsstelle:

Datum: Tag: Monat: Jahr: Uhrzeit:

Unterschrift: