

110 Umwelt- und geotechnische Felduntersuchungen, Probenahme

110.1 Umwelttechnische Felduntersuchungen

110.1.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Konventionelle Untersuchungsverfahren nach DIN / DVGW

Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (ALA); Unterausschuss „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (2002) gibt folgende Hinweise zur Untersuchung:

Werden die Proben nicht an der Bodenoberfläche entnommen, müssen geeignete Aufschlüsse im Untergrund geschaffen werden. Voraussetzung hierfür ist eine sorgfältige Spartenerkundung (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 bieten sich unterschiedliche Bohrverfahren oder das Anlegen von Schürfen an. Nachstehende Tabelle zeigt eine Übersicht über die möglichen 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 Verfahren mit

- Verwendung von Bohrspülungen,
- Erwärmung des Bohrgutes, v. a. bei Verdacht auf leichtflüchtige oder organische Schadstoffe,
- Auswaschung von Feinkornanteilen der Probe (z. B. 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 sollte mindestens das Dreifache des Größtkorndurchmessers betragen. Unterschreitungen des Mindestbohrdurchmessers führen in der Regel zu Qualitätsminderungen bei der Probennahme.

In der DIN 4021 "Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben" sowie in den DVGW Merkblättern W 115 und W 121 werden die gängigen Aufschlussverfahren beschrieben. Diese Richtlinien beziehen sich allerdings entsprechend ihres Ursprungs auf Baugrunduntersuchungen und Brunnenbohrungen und sind für den Altlastenbereich nur bedingt anwendbar.

Bei sehr inhomogenem Material und Material mit einem hohen Skelettgehalt (d. h. mit einem Durchmesser > 2 mm) sollte die Entnahmemenge ca. 4 kg umfassen, um eine ausreichende Menge an Feinanteil (1-2 kg) gewinnen zu können. Im Allgemeinen richtet sich die zur Gewährleistung der Repräsentativität notwendige Probenmenge nach der maximalen Korngröße des zu untersuchenden Materials, sodass für kiesige bis steinige Substrate größere Entnahmemengen von z. T. > 4 kg erforderlich sind.

Als Größtkorn ist dabei im Sinne der DIN 4022 diejenige Korngruppe zu betrachten, die einen geschätzten Nebenanteil von mehr als 15 % ausmacht. Ihre Größe wird außerdem bestimmt durch die Anzahl und Art der zu analysierenden Parameter und der benötigten Rückstellprobenmenge. Die Probennahme sollte vor der Durchführung mit der Untersuchungsstelle abgestimmt werden.

Tabelle 1: Bohrverfahren in Böden (Grundlage: DIN 4021 „Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben“, Tab. 1, S. 4-5)

Verfahren	Durchmesser in mm		Güteklasse	Vorteile	Nachteile	Fehlerquellen	Erkundungsphase
Handbohrung	15 - 80	D/5	5 oder schlechter	sehr schnell und kostengünstig	nicht immer repräsentativ, nur bis max. 2 m	Randkontamination 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 usw.	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 Probegut, 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	ungenauere Profile, Störung der Proben, Entmischung unter Gw, Entsorgung	Vermischung von Probegut, 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	aufwändiges 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	aufwändiges Verfahren		Detailuntersuchung, Sanierungsplanung

Direct-Push-Verfahren nach ASTM

Direct-Push Verfahren werden seit Ende der 80er Jahre auf Betreiben der US EPA für Geomonitorings entwickelt und in Deutschland seit Mitte der 90er Jahre eingesetzt. Sie basieren auf einer hydraulisch angetriebenen Bohranlage, die i.d.R. auf einem geländegängigen Fahrzeug montiert ist. Die Kraftübertragung der Hydraulik auf die Bohrwerkzeuge und Probenahmeinstrumente erfolgt wahlweise statisch drückend oder dynamisch vibrierend / schlagend und / oder rotierend. Die Einsatziefen liegen bei statischer (LKW-) Auflast (ca. 15-20 t) bei ca. 30 m und bei zusätzlicher dynamischer Kraftübertragung mittels Percussionshammer bei bis zu 50 m. Die Einsatztiefe verringert sich in heterogenen, stark verdichteten Untergründen. Der Einsatz ist auf Lockergesteine beschränkt. Die Bohrung erfolgt mit Hohlgestänge. Je nach Untersuchungsziel und -medium stehen die unterschiedlichsten Beprobungsinstrumente zur Verfügung. Diese sind wahlweise einzeln oder in Kombination miteinander einsetzbar.

Im Einzelnen sind dies Direct-Push **Monitoringsonden** für die Umweltmedien (Bracke, 2002) zur:

- Bodenuntersuchung (horizontierte Entnahme von ungestörten Bodenproben in Linern; ASTM D 6282-98);

- Bodenluftbeprobung (Multi-Level);
- Bodenwasser- bzw. Sickerwasseruntersuchung (Einbau von Saugkerzen in die ungesättigte Bodenzone zur Feststellung von Sickerwasserkonzentrationen);
- Grundwassersondierung (Continuous-Level-Grundwasserbeprobung; ASTM D 6001-96);
- Bohrlochgeophysik (Geelektrische Dipol-Leitfähigkeitsmessungen);
- chemischen in-situ Analytik (bildgebende Verfahren) mittels MIP-Sonden (gekoppelt an GC-PID/FID/DELCD + online Gaschromatographie) und Laserinduzierten Fluoreszenz-Sonden (LIF). MIP-Sonden thermodesorbieren Organika aus festen, flüssigen und gasförmigen Medien und eignen sich zum gaschromatographischen Nachweis aller organischen Verbindungen mit Siedetemperaturen bis ca. 250°C. Die Nachweisgrenzen liegen z.B. im Grundwasser stoffspezifisch zwischen 5-150 µg/l. LIF-Sonden messen selektiv bis zu 4 Stoffgruppen aus der Mineralölkohlenwasserstoff-Fraktion (z.B. Benzole).

Das Bohrfahrzeug wird für in-situ on-line Messungen durch ein Labormobil unterstützt.

Neben den umweltrelevanten Fragestellungen ermöglicht das System den Einsatz von **Drucksonden** (nach DIN 4094 und ASTM D5778-95) zur Bestimmung von Lagerungsverhältnissen für:

- Geotechnische Untersuchungen (CPT-Drucksonden; Spitzendruck vs. Mantelreibung);

Darüber hinaus ermöglicht das System den Einsatz von **Injektionssonden** zur:

- Verpressung und Abdichtung von Bohrlöchern in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone, z.B. mittels hochdruckverpresster Bentonitsuspension;
- in-situ Sanierung von Grundwasserschäden auf der Grundlage reaktiver Systeme (Wände bzw. Schleier). Vorbereitend für den „Enhanced Natural Attenuation“- Prozess wird mit DP-Injektionssonden im Aquifer ein Suspensionsschleier aus chemischen Verbindungen zur kontrollierten Freisetzung von Sauerstoff (⇒ z.B. Aerobe Biodegradation von Kohlenwasserstoffen, DCE, VC) bzw. von Wasserstoff (⇒ z.B. Anaerobe Biodegradation; z.B. reduktive Dechlorierung von CKW) aufgebaut.
- Heissdampfinjektion, Hochdruckwasserinjektion, Co-Solvent-Flooding zur Schadstoffmobilisierung.

Abbildung 1 zeigt die zusammenfassende Darstellung einer kombinierten umwelttechnischen Felduntersuchung mit konventioneller Grundwassermessstelle nach DVGW und Direct-Push-Verfahren auf LCKW an einem gemeinsamen Messpunkt, bestehend aus (von links nach rechts):

- a) Direct-Push Grundwassersondierung: Tiefenlage der 3 Probennahmepunkte in den Anreicherungshorizonten auf Basis der MIP-Messungen (16, 40 und 46 ft.);
- b) konventionelle Multi-Level 5“-Grundwassermessstelle: Tiefenlage der 3 Filterstrecken (15-29 ft., 31-41 ft. und 43-48 ft.); die Filterstrecken erfassen die kontaminierten Horizonte im Aquifer unterschiedlich gut (Oben zu 20 %, Mitte zu 50 %, Basis zu 100%);
- c) MIP-Sondierung: Sondentemperatur: Aufnahme der konduktiven und konvektiven Wärmeleitfähigkeit von Gestein und Grundwasser; ionisierbare organische Substanzen (FID / PID); geelektrische Bodenleitfähigkeit (Lithologie); Sondeneindringgeschwindigkeit (inverse Lagerungsdichte);
- d) MIP-gekoppelte in-situ online-Gaschromatographie (s. LB 13.1.1).

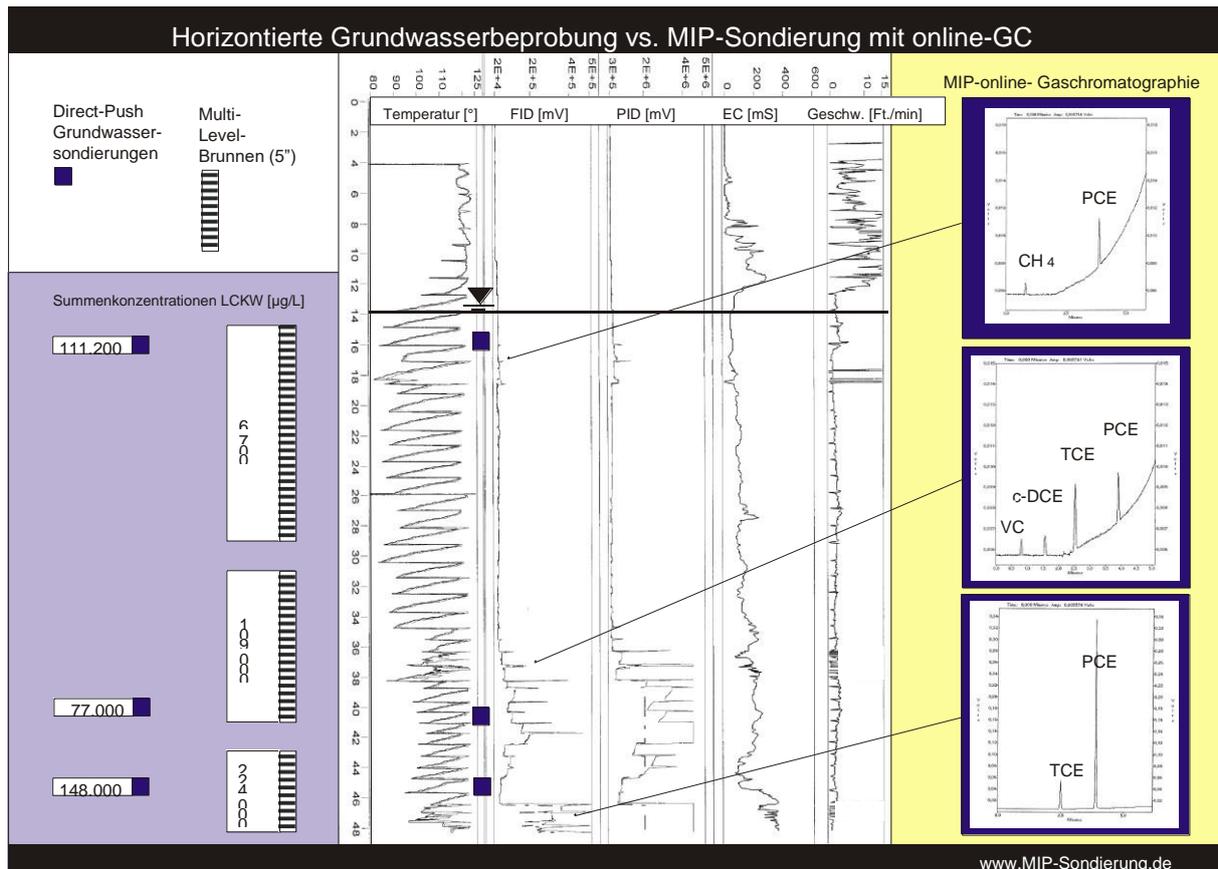


Abbildung 1: Vergleich von verschiedenen umwelttechnischen Felduntersuchungen

110.1.2 Kostenermittlung

110.1.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Schürfe herstellen	m ³	Stck.
Aufbrechen von Versiegelungen	cm	Stck.
Bohrung herstellen (Kleinrammbohrung, Direct-Push-Verfahren) gestaffelt nach Tiefen / Bodenarten	m	Stck.
Grundwassersondierung durchführen	m	Stck.
Bodenluftsondierung durchführen	m	Stck.
Bildgebende Verfahren (MIP-Messungen) durchführen	m	
Bohreinrichtung umsetzen	Stck.	
Probenahme aus Bohrung	Stck.	
Einmessen der Bohrpunkte	Stck.	
Darstellung der Bohrprofile	m	Stck.

Ergänzend zur ATV DIN 18299, Abschnitt 5, gilt:

- Bohrungen, die aufgegeben werden müssen und im Boden verbleibende Rohre, einschließlich der Rohrverbindungen, die nicht gezogen werden können, werden abgerechnet wie ausgeführte Leistungen, es sei denn, dass die Ursache der Auftragnehmer zu vertreten hat.
- Die Bohrlänge wird ermittelt vom plangemäßen Bohransatzpunkt bis zur vereinbarten Endteufe.

110.1.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 230	Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
LB 240	Brunnenbau
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 520	Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ

110.1.3 Literatur

- ASTM D5778-95 (Reapproved 2000): Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.- American Society for Testing and Materials; ASTM International West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D 6001-96: Standard Guide for Direct Push Water Sampling for Geoenvironmental Investigations. - American Society for Testing and Materials; ASTM International West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D 6187-97: Standard Practice for Cone Penetrometer Technology Characterization of Petroleum Contaminated Sites with Nitrogen Laser-Induced Fluorescence. - American Society for Testing and Materials; ASTM International West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D 6282-98: Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations. - American Society for Testing and Materials; ASTM International West Conshohocken, PA, USA.
- Bracke, R. (2002): Direct-Push-Technologien – Der Einsatz von DP-Verfahren für Geomonitorings und Baugrunduntersuchungen. - ecos-Verlag; Umwelttechnische und wissenschaftliche Schriften; Aachen und Kiel. ISBN-Nr.: 3-932485-05-X
- Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (ALA); Unterausschuss „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“, 2002.
- DIN 4020 (1990): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke. - Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4021 (1990): Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben. - Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4094 (1990): Erkundung durch Sondierungen.- Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- www.direct-push.de

110.1.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachunternehmen für umwelttechnische Felduntersuchungen sind anhand einschlägiger Referenzen auszuwählen.

110.2 Probenahme

110.2.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Dieser Leistungsbereich umfasst die Probenahme von Boden, Baustoffen / Bausubstanz, Grundwasser, Bodenluft / Abluft / Gasen und Abfällen. Dazu zählt die Beprobung im Rahmen folgender Tätigkeiten:

- Voruntersuchung / Erkundung
- Sanierung (einschließlich Ein- und Ausgangsbeprobung von Dekontaminationsanlagen)
- Langzeitüberwachung (Monitoring)
- Arbeitsschutz
- Entsorgung

Die Beschreibung der Probenahmeverfahren im Leistungsregister erfolgt grundsätzlich nach Medien / Materialien getrennt. Eine Ausnahme stellt die Probenahme mittels Direct-Push-Technologie dar (vgl. LB 110-130 und LB 110-140 Umwelttechnische Feldarbeiten), für die unter Berücksichtigung der speziellen Geräte- und Verfahrenstechnik für die Bohr- und Probenahmearbeiten die Beprobung von Boden, Bodenluft und Grundwasser zusammenfassend beschrieben wird.

Die Anforderungen an die personellen Voraussetzungen, die gerätetechnische Ausstattung und die Qualitätssicherung von Untersuchungsstellen (auch zur Probenahme) werden in der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ Anhang 4 (LABO / ALA) definiert.

Nachfolgend werden weiterführende Hinweise zur Vorgehensweise bei der Probenahme für die unterschiedlichen Medien gegeben.

Boden

Entsprechend der BBodSchV Anhang 1, Nr. 2, richtet sich die Vorgehensweise bei der Probenahme nach den betroffenen Wirkungspfaden, der vermuteten vertikalen und horizontalen Schadstoffverteilung, der Flächengröße sowie der früheren, gegenwärtigen und geplanten Nutzung. Größere Flächen sind in geeignete Teilflächen zu gliedern. Zur Untersuchung der räumlichen Verteilung der Schadstoffe sind die Teilflächen unter Zuhilfenahme eines Rasters repräsentativ zu beproben. Die Festlegung des Rasters und der Probenahmestellen erfolgt unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse aus den Voruntersuchungen und / oder einer geeigneten Vor-Ort-Analytik (s. auch LB 13-00-00). Vermutete Schadstoffanreicherungen sind gezielt, d.h. separat zu beproben.

Die BBodSchV legt im Anhang 1, Nr. 2.1 (Tabelle 1) Beprobungstiefen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze fest.

Wirkungspfad	Nutzung	Beprobungstiefe
Boden-Mensch	Kinderspielfläche, Wohngebiet	0-10 cm ¹⁾ , 10-35 cm ²⁾
	Park- und Freizeitanlage	0-10 cm ¹⁾
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0-10 cm ¹⁾
Boden-Nutzpflanze	Ackerbau, Nutzgarten	0-30 cm ³⁾ , 30-60 cm
	Grünland	0-10 cm ⁴⁾ , 10-30 cm

- 1) Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalat. Aufnahmepfades
 2) 0-35 cm: durchschnittliche Mächtigkeit aufgebracht Bodenschichten: zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe
 3) Bearbeitungshorizont
 4) Hauptwurzelbereich

Für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze erlaubt die BBodSchV bei annähernd gleicher Schadstoffverteilung in den beurteilungsrelevanten Bodenschichten die Bildung von Mischproben innerhalb einer Beprobungstiefe für definierte Teilflächen. Nachfolgend wird die Vorgehensweise bei der Mischprobenbildung zusammenfassend dargestellt. Weitere Hinweise, insbesondere zur Probenahme für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser, sind der BBodSchV Anhang 1, Nr. 2.1.1 bis 2.1.3 zu entnehmen.

Größe der Gesamtfläche	Mischprobe je Teilfläche	Mischproben
Wirkungspfad Boden-Mensch		
s. BBodSchV Anhang 1		
Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze		
< 5.000 m ²	keine Teilung erforderlich	MP aus 15-25 Einzelproben einer Beprobungstiefe
< 10 ha	1 MP je 1 ha, jedoch von mindestens 3 Teilflächen	MP aus 15-25 Einzelproben einer Beprobungstiefe
> 10 ha	je 1 MP von mindestens 10 Teilflächen	MP aus 15-25 Einzelproben einer Beprobungstiefe
Nutzgärten	1 grundstücksbezogene MP für jede Beprobungstiefe	MP aus 15-25 Einzelproben einer Beprobungstiefe

Die BBodSchV legt im Anhang 1, Nr. 4.1, den Umfang der im Probenahmeprotokoll aufzunehmenden Angaben fest. Ein Musterformular zur Dokumentation der Bodenprobenahme findet sich in der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ in den Anlagen zu Kapitel 2 (LABO / ALA).

Bodenluft, Abluft, Gase

Für die Probenahme zur Messung von Schadstoffen wie z.B. Asbest- oder Mineralfasern und PCB in der Außen- oder Innenraumluft stehen spezielle Geräte zur Verfügung, mit deren Hilfe Probenahmen gemäß TRGS 519 (Asbest - Abbruch, Sanierung und Instandhaltungsarbeiten), Asbest-Richtlinie oder VDI 3492 durchgeführt werden.

Muster zu Probenahmeprotokollen finden sich u.a. in der VDI-Richtlinie 3865 und in der ITVA-Richtlinie Bodenluftabsaugversuch (H 1-1) sowie in der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ in den Anlagen zu Kapitel 2 (LABO / ALA).

Grundwasser

Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat gemeinsam mit dem Altlastenausschuss (ALA) die „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ herausgegeben. Dort werden im Kapitel 2.7. Anforderungen an die Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation der Grundwasserprobenahme beschrieben.

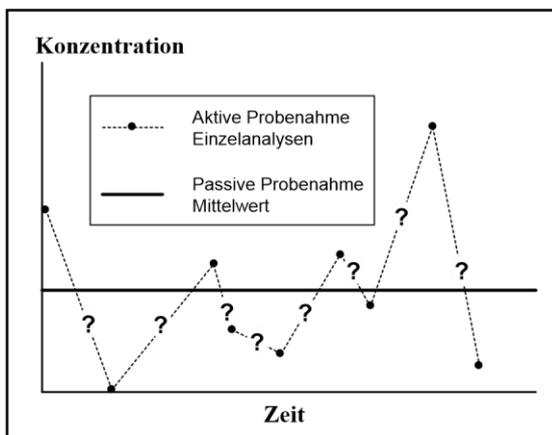
Hinweise zur Ausschreibung von Grundwasserprobenahmen können darüber hinaus dem Merkblatt des BWK „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobenahme bei Altlasten in Lockergesteinen“ entnommen werden.

Die Beprobung von Grundwasser mit geogenen oder anthropogenen Anteilen leichtflüchtiger Substanzen und gelöster Gase mittels **aktiver saugender und hebender Pumpverfahren**, sowie als Schöpfproben birgt die Gefahr der Ausgasung. Diese Strip-Effekte sind u.a. auf Verwirbelungen und die Druckentlastung des Fluids zurückzuführen. In der Konsequenz entsprechen die an der Erdoberfläche unter Atmosphärenbedingungen gemessenen Konzentrationen gelöster flüchtiger Stoffe im Fluid nicht mehr den im natürlichen Milieu tatsächlich vorhandenen Anteilen. Bei der Untersuchung leichtflüchtiger Stoffe oder gelöster Gase sind druckkonstante Verfahren zu verwenden, mit denen die Gewinnung unverfälschter Proben von Grundwasser, Fluiden und Suspensionen aus beliebigen Tiefen in Bohrlöchern, Brunnen, Bohrsonden und Verrohrungen unter Beibehaltung der dort jeweils herrschenden hydrostatischen Druckverhältnisse ermöglicht ist.

Probenahmesysteme						
	Saugpumpe	UWM-Pumpe (MP1)	Verdrängerpu mpe	Schöpfer (druckhaltend)	Direct-Push Fußventilpumpe (Hydrolift)	Direct-Push HYDROP/ BAT (druckkonstant)
geohydraulische Gegebenheiten						
Ergiebigkeit der GWST	> 10 l/min	> 1 l/min < 30 l/min	< 3 l/min	entsprechend d. verwendeten Pumpe	> 1 l/min	> 1 l/min
GW-Flurabstand	< 7 m	< 60 m	< 70 m	Wasserdruck am Entnahmep unkt < 700 kPa	Beliebig	Beliebig
Analyseparameter bzw. Kennwerte						
chem.-phys. Kennwerte (T, pH, ELF, O ₂ , U _H)	-	x	x	x	x	-
Mineralisation / organ. Stoffe	(x)	x	x	x	x	x
Drucksensitive Kennwerte (gelöste Gase, TIC, U _H , flücht. organ. Inhaltsstoffe)	-	- / (x)	(x)	x	(x)	x
Anorgan. und organ. Spurenstoffe (Schwermetalle, PSBM, ...)	(x)	(x)	(x)	x	x	x
Mikrobiolog. Kennwerte (Bakterien, Viren)	(x)	(x)	(x)		x	x
-: nicht geeignet (x): eingeschränkt geeignet x: geeignet						

Ein Musterprotokoll zur GW-Probenahme findet sich in der Anlage 5 des BWK-Merkblattes sowie in der „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ in den Anlagen zu Kapitel 2 (LABO / ALA). Im Zusammenhang mit der GW-Probenahme werden u.a. zur Bestimmung der GW-Fließrichtung zumeist auch Grundwasserstandmessungen durchgeführt. Neben dem konventionellen Verfahren der Tiefenlotung in mehreren Pegeln eines zusammenhängenden Messstellennetzes werden zunehmend neue Verfahren eingesetzt, die eine Bestimmung von GW-Fließrichtung und –geschwindigkeit anhand eines einzigen Pegels / Brunnens ermöglichen. Zum Einsatz kommen diese Verfahren im Rahmen hydrogeologischer Vorerkundungen, beim Nachweis der Reichweite von Sanierungsbrunnen bei geringer Pegeldichte, zur Überprüfung von Tonsperren sowie bei Voruntersuchungen zur Erweiterung des Messstellennetzes. Da keine Markierungsstoffe in das Grundwasser eingebracht werden, sind diese Verfahren genehmigungsfrei.

Neben den o.g. aktiven Probenahmensystemen werden **Passivsammler** eingesetzt, bei denen im Wasser gelöste Substanzen durch Diffusion, d.h. ohne eine aktive Handlung vom Probennahmegerät aufgenommen werden. Bei zeitintegrierenden Passivsammlern lässt sich aus der angereicherten Schadstoffmasse und der Einsatzdauer die mittlere Konzentration im umgebenden Wasser bestimmen.



Im Fall einer Langzeitüberwachung reduzieren sich damit ggf. die Kosten für Personal und Geräte. Trotz der Entwicklung zahlreicher passiver Probennahmer für Wasser ist ihr Einsatz in Deutschland bis heute noch weitgehend auf den Forschungsbereich beschränkt. Passivsammler zeichnen sich jedoch dadurch aus, dass das hydraulische Strömungsfeld im Gegensatz zur aktiven Probennahme nicht oder nur in sehr geringem Maße verändert wird. Die Verfälschung der Probe durch eine verursachte Zuströmung von schadstofffreiem oder schadstoffhaltigem Wasser aus anderen Grundwasserhorizonten ist ausgeschlossen. Des Weiteren sind Verluste leicht flüchtiger Substanzen, wie sie

vor allem beim Einsatz von Saug- und Tauchpumpen auftreten können, kaum zu befürchten.

Die Nachteile einiger Passivsammler liegen in ihrer Abhängigkeiten in der Schadstoffaufnahme von der Temperatur, der Fließgeschwindigkeit sowie der Bildung von Biofilmen auf der Sammleroberfläche. Diese Nachteile gelten jedoch nicht generell für alle Passivsammler und können je nach Einsatzstandort auch vernachlässigt werden.

Passivsammler-Typ	Bisher gesammelte Substanzen ¹	Bauart des Sammlers	Einbau / Anwendung im Feld	Empfohlene Sammelzeiten ^{2,3}	Vorbereitung für die chemische Analytik	Kosten [Euro] mA, oA: mit/ohne Analyse	Bsp-Referenzen Internet-Adresse des Händlers
Wasser-gefüllte PE-Schläuche (PDBS) passive diffusion bag samplers	Polarere organische Substanzen (VOCs, Metalle, Spurenelemente)	PE-Schlauch (Ø 3-5 cm x 30-50 cm Länge) gefüllt mit dest. Wasser (300 mL)	Direkt an Schnur in Grundwasser-messstelle oder in Käfig (PE, Edelstahl), auch in Sedimenten von Oberflächengewässern	14 d (GG)	Direkte Wasseranalyse, Ionenanalyse	14 – 20 EURO, oA	VROBLESKY et al. (1997, 2001) Innovative Messtechnik Weiß: www.im-weiss.de Columbia Analytical Services: www.caslab.com Eon products: www.eonpro.com

Passivsammler- Typ	Bisher gesammelte Substanzen ¹	Bauart des Sammlers	Einbau / Anwendung im Feld	Empfohlene Sammel- zeiten ^{2,3}	Vorbereitung für die chemische Analytik	Kosten [Euro] mA, oA: mit/ohne Analyse	Bsp-Referenzen Internet-Adresse des Händlers
SPMD (Semi- permeable Membrane Device)	Stark lipophile Substanzen (PCBs, Dioxine, Organochlor- Pestizide, PBDE)	PE Schlauch (91,4 x 2,54 cm) gefüllt mit Triolein (1 mL)	in Metallkäfig; eine Wicklung der Sammler ist möglich, Einsatz in Oberflächen- und Grundwasser, Sediment und Luft	ca. 28 d (für die meisten Substanzen TWA)	Äußerer cleanup, Dialyse, Gelpermeations- chromatographie Messung mittels HPLC oder GC		PETTY et al (2000), GUSTAVSON & HARKIN (2000) Environmental Sampling Technologies : www.spmads.com Exposmeter: www.exposmeter.com
Keramik- Dosimeter	PAKs, BTEX, (CKWs)	Keramik- Röhrchen (5 cm x 1 cm) gefüllt mit festem, losem Adsorbentmaterial, verschlossen mit Teflon-Deckeln	in Metallkäfig, bisher im Grundwasser angewandt	Mehrere Monate (TWA)	Lösemittel- extraktion, Messung mit GC oder HPLC	150 – 250 EURO, MA	GRATHWOHL (1999), MARTIN et al. (2003) Innovative Messtechnik Weiß: www.im-weiss.de
Gore- Sorber®	BTEX, MTBE, PAKs, VOCs, SVOCs	Loses Adsorbentmaterial in Modulen aus Gore-Tex® (ca. 2,5 x 0,3 cm, 40 mg Sorbens), mehrere Module mit unterschiedlichem Adsorbentmaterial in einem GoreTex® Trägerschlauch	Trägerschlauch mit Modulen wird in Bohrlöcher eingesetzt, im Boden oder Grundwasser	14 d zur Bestimmung von Konzentrationen- trends (GG)	Thermodesorption Messung am GC		SORGE et al. (1994) Gore & Associates www.gore.com/surveys/index.html
Gaiasafe Sammler	Metalle, Anionen (Sulfat, Phosphat), undissoziierte Stoffe (Schwefelwasserstoff), Organische Verbindungen	Fasern (Papier, Holzwolle oder Textilien), imprägniert mit sorptionssaktiven Wirkstoffen (2,5 g Faser pro Sammler)	Die imprägnierten Fasern werden in Netzbeuteln exponiert (9 x 22 cm)	2 d - 2 Monate (TWA, Bestimmung relativer Schadstoff- fracht Profile)	Extraktion und Messung je nach gesammelten Substanzen		HAAS & OESTE (2001) Gaiasafe: www.gaiasafe.de
SPME (solid phase micro- extraction)	VOCs, BTEX, Pestizide, PAKs, PCBs,	Sorptive beschichtete Faser, gekoppelt an eine Spritze	Feldsammler hauptsächlich als <i>on site</i> Probenvorbereitungsmethode; selten als echter Passivsammler direkt im Wasser eingesetzt	30 min (GG)	Thermodesorption Messung am GC		NILSSON et al. (1998) MÜLLER et al. (1999) Supelco: www.sigmaaldrich.com/Brands/Supelco/Home.html

¹ VOCs = volatile organic compounds, SVOC = semivolatile organic compounds, CKW = chlorierte Kohlenwasserstoffe, PAKs = polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, PCBs = polychlorierte Biphenyle, BTEX = Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, PBDE = polybromierte Diphenylether, MTBE = Methyl-*tert*-butyl-Ether

² Die empfohlenen Sammelzeiten sind abhängig von den zu sammelnden Substanzen. Die hier angegebenen Zeiträume beziehen sich auf die genannten bisher gesammelten Substanzen.

³ Das Verhalten der Sammler über den angegebenen Zeitraum: als Gleichgewichtssammler (GG) oder als zeitintegrierender Sammler, zur Berechnung zeitlich gemittelter Konzentrationen (TWA, time weighted average)

Bausubstanz / Baustoffe

Die Probenahme aus der mineralischen Bausubstanz erfolgt zumeist durch die Entnahme von vertikalen (z.B. Bodenplatten, Decken) oder horizontalen (z.B. Kamine, Wände) Bohrkernen. Soll eine Aussage über die oberflächennahe Belastung der Bausubstanz z.B. durch eingedrungene Schadstoffe getroffen werden, so ist der relevante Teil des Bohrkerns abzutrennen und auf die entsprechenden Schadstoffe zu analysieren. Dient die Untersuchung der Bausubstanz zur Beurteilung der Verwertbarkeit als RCL-Baustoff, so ist der gesamte Bohrkern chemisch zu untersuchen. Zur Untersuchung bereits gebrochener mineralischer Baustoffe sind repräsentative Haufwerksproben entsprechend der LAGA Richtlinie PN 98 zu entnehmen.

Die Beprobung von Bausubstanz kann auch mit geeigneten Handwerkzeugen (z.B. für Putz, Farbe, Beschichtungen, Fugenmasse) oder mittels Leimstreifen stattfinden (z.B. für Staub, Asbestfasern).

Bei der Untersuchung von Altholz ist bei der Probenahme das Untersuchungsziel besonders zu berücksichtigen. Ist eine Aussage über eine mögliche Holzschutzmittelbelastung zu treffen, so erfolgt die Probenahme nur an der Holzoberfläche. In allen anderen Fällen ist der gesamte Querschnitt des Holzes zu erfassen. Eine ungeeignete Probenahmestrategie kann hier zu vollkommen verfälschten Untersuchungsergebnissen führen.

Abfälle zur Verwertung / Beseitigung

Die Richtlinie der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA PN 98 definiert die Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie aus abgelagerten Materialien im Zusammenhang mit der Beseitigung oder Verwertung von Abfällen.

Die LAGA-Richtlinie gibt u.a. Hinweise zur Probenahmestrategie (Hot-Spot-Beprobung, allgemeine Abfallbeprobung), zur Mindestanzahl an Einzel-, Misch- und Laborproben sowie zu Konservierung, Verpackung und Kennzeichnung. Beispielhaft zeigt die Richtlinie die Vorgehensweise bei folgenden Probenahmeverfahren auf:

- Haufwerksbeprobung (Mieten, Baggerschaufel etc.)
- Probenahme aus bewegten Abfällen (dis-/kontinuierlich fallender Abfallstrom, Fördereinrichtungen, Transportbänder etc.)
- Probenahme aus Transportfahrzeugen und verpackten Materialien (LKW, Eisenbahnwagon, BigBags, Fässer etc.)

Ein Musterformular zur Dokumentation der Probenahme kann Anhang C der LAGA-Richtlinie entnommen werden.

110.2.2 Kostenermittlung

110.2.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

Die Probenahme von Boden, Baustoffen, Grundwasser, Bodenluft und Abfällen wird i.d.R. nach Anzahl (Stück) abgerechnet. Kostenreduzierungen ergeben sich durch die Zusammenlegung von Einzelbeprobungen zu Probenahmereinheiten (z.B. bei der GW-Probenahme), durch eine erhöhte Probenanzahl sowie durch Rahmenverträge zwischen Auftraggeber und Probenehmer.

Kostenerhöhend können sich eine aufwendige Gerätetechnik bei der Probenahme, schlechte Zugänglichkeit zur Probenahmestelle und besondere Anforderungen an den Arbeitsschutz auswirken.

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Probenahme		
Boden	Stck.	
Baustoffe	Stck.	
Grundwasser	Stck.	
Bodenluft	Stck.	
Abfälle	Stck.	
Innere / äußere Zustandsprüfung der GW-Messstelle	Stck.	
Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser	m ³	
Phasenabschöpfungssystem		
einbauen, vorhalten, betreiben	Mt.	

110.2.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen

LB 010	Planung, Überwachung, Bewertung, Fremdüberwachung und Dokumentation
LB 120	Schadstoffkataster, Gebäudeschadstoffe
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 300	Erdarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 400	Dekontamination im Zuge des Rückbaus
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

110.2.3 Literatur

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Probenahme, Probenvorbereitung und Analytik von Rest- und Gebrauchtholz, Internetportal des LfU Bayern www.bayern.de/lfu (Umweltanalytik – Holzanalysen).

Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.: Erarbeitung von Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobenahme bei Altlasten im Lockergestein, BWK-Merkblatt Nr. 5, Entwurf Dezember 2002.

Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (ALA), Unterausschuss (UA QS) „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“, September 2002.

Fengler, G.; Hoffmann, V.: Neues Messverfahren zur direkten Bestimmung von Grundwasserströmungsrichtung und –geschwindigkeit, TerraTech 3/2002, S. 30-34.

Informationsbroschüre zum Grundwasser-Fluss-Visualisierungs-Messsystem (GFV), Fa. PHREALOG, Hürth, 2003.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Nr. 32, Erich Schmidt Verlag, 2002.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): AQS-Merkblatt – Probenahme von Grundwasser, P-8-2, Januar 1996.

110.2.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachunternehmen sind anhand einschlägiger Referenzen auszuwählen.

110.3 Geotechnische Felduntersuchungen

110.3.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Geotechnische Felduntersuchungen werden zur Ermittlung der Art, der Schichtung und der Beschaffenheit des anstehenden Bodens, der Grundwasserverhältnisse sowie des Durchströmungsverhaltens eingesetzt. Bei der Planung, Ausführung und Auswertung von geotechnischen Untersuchungen sollen die Richtlinien der DIN 4020 eingehalten werden. Es werden direkte Aufschlüsse in Form von Bohrungen und Schürfen und indirekte Aufschlüsse mittels Sondierungen unterschieden (DIN 4021). Schürfe sind von Hand oder maschinell hergestellte Gruben, die den Untergrund bis in begrenzte Tiefen aufschließen. Bei größeren Tiefen werden Bohrungen zur Baugrunduntersuchung eingesetzt. Tiefe und Abstand der Bohrungen sind von den örtlichen Gegebenheiten abhängig (Richtwerte siehe DIN 1054 und DIN 4020). Sondierungen dienen dazu, den Schichtenverlauf zwischen vorhandenen Aufschlussbohrungen zu verfolgen (Sondierungen DIN 4094 T1-3). Die Art der Probenahme wird von dem anstehenden Boden und der festgelegten Güteklasse beeinflusst. Die Probenmenge und Abmessungen der Laborproben müssen ausreichend für das Ausführen aller notwendigen Versuche sein (DIN 4021). Es werden Einzelproben, Mischproben und Sammelproben unterschieden. Ergänzend hierzu sollte eine fotografische Dokumentation der entnommenen Proben und der Schürfe erfolgen (GDA).

Normen und Empfehlungen

- DIN 1054, Baugrund -Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 4020: 1990-10 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.
- DIN 4021, Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.
- DIN 4022-1:1987-09, Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels – Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden / Fels.
- DIN 4023, Baugrund- und Wasserbohrungen – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.
- DIN 4094, Baugrund - Felduntersuchungen.
- GDA-Empfehlungen, Geotechnik der Deponien und Altlasten
- Grundbau Taschenbuch Kapitel 1.4 „Baugrunduntersuchungen im Feld“

110.3.2 Kostenermittlung

110.3.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Plattendruckversuch durchführen	Stck.	
Gegengewicht bereitstellen	h	Stck.
Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle mittels Prüfwalzen durchführen	m ²	
Rammsondierungen durchführen	m	Stck.
Durchlässigkeitsversuch nach DIN 18130 durchführen	Stck.	
Auffüllversuch im offenen Bohrloch	Stck.	
Inklinometermessungen durchführen	m	

110.3.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen

- LB 120 Schadstoffkataster, Gebäudeschadstoffe
- LB 130 Chemisch-physikalische Analytik
- LB 140 Geotechnische Laboruntersuchungen
- LB 220 Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
- LB 300 Erdarbeiten
- LB 310 Wiedereinbau
- LB 330 Bodenverbesserung
- LB 340 Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung
und Nachsorge
- LB 350 Straßen, Wege, Gleise
- LB 700 Oberflächenabdeckung
- LB 710 Oberflächenabdichtung
- LB 800 Aufbereitung

110.3.3 Literatur

- DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke. - Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4021: Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.- Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 4094: Erkundung durch Sondierungen. - Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

110.3.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachunternehmen sind anhand einschlägiger Referenzen auszuwählen.