

Altlasten



Fachinformation des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Internetpräsentation)

Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg Nr. 18

Qualitätssicherungsmaßnahmen

**bei innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren
für Boden, Grund-, Sickerwasser, Schadstoffphase und
Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung**



**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

Fachinformation des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Internetpräsentation) - Nr. 18

Herausgeber:

Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)
Abt. Technischer Umweltschutz, Ref. Altlasten, Bodenschutz (T 6)
Seeburger Chaussee 2
OT Groß Glienicke
14476 Potsdam

Download: <http://www.mluv.brandenburg.de/info/lua-publikationen>
Potsdam, im Dezember 2010

Diese Informationsschrift basiert in weiten Teilen auf dem Abschlussbericht:

„Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkt/indirekten Probennahmeverfahren für Boden, Grund-, Sickerwasser, Schadstoffphase und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung“

Auftragnehmer:	Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden (BGD) Tiergartenstrasse 48 01219 Dresden
Projektleiter:	Dr.-Ing. C. Nitsche (BGD)
Bearbeiter:	Dr.-Ing C. Nitsche (BGD) Dipl.-Ing. Ch. Bethge (BGD) Dipl.-Ing. D. Poetke (GICON-Großmann Ingenieur Consult Dresden) Dipl.-Ing. J. Ziemer (GICON) Prof. Dr. H.-J. Voigt (Brandenburgische Technische Universität Cottbus, BTU) Dipl.-Ing. Chr. Lüttke (BTU) Dr. P. Dietrich (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, UFZ) Dr. C. Leven (UFZ) Dr. Weiß (Innovative Messtechnik Dr. Weiss, imw)
Auftraggeber:	Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg
Fachliche Begleitung:	LUGV, Ref. Altlasten, Bodenschutz Dipl. Dipl.-Ing. André Wunsch (Federführung) Dr. Sabine Hahn Dipl.-Ing. Matthias Feskorn
Endredaktion:	LUGV, Ref. Altlasten, Bodenschutz Dipl. Dipl.-Ing. André Wunsch Dipl.-Ing. Ullrich Zimmermann

Diese Internetpräsentation erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit den Meinungen des Herausgebers übereinstimmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	6
2	Zielstellung	6
3	Vorgehensweise	7
4	Rechercheergebnisse	8
4.1	Erfahrungsstand im Land Brandenburg	8
4.2	Erfahrungsstand der Bundesländer	11
4.3	Erfahrungsstand der Umweltbehörden der Republik Österreich und Schweizerischen Eidgenossenschaft	14
4.4	Nationale/internationale Recherche	14
4.4.1	Probennahme aus Grundwassermessstellen	15
4.4.2	Bodensickerwasserprobennahme	17
4.4.3	Direct Push Verfahren	18
4.5	Bearbeitung von Technologie-/ Verfahrenssteckbriefen (Typenblätter)	19
4.5.1	Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Grundwasserprobennahme	19
4.5.2	Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Bodenwasserprobennahme	20
4.5.3	Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Direct Push-Verfahren	20
4.6	Bearbeitung von technologie- bzw. verfahrensspezifische Textbausteinen für Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen	20
5	Resümee	21

Anhang

- 1. Rechercheergebnis – Grundwasserprobennahme (QSM)**
 - 1.1. Literaturverzeichnis
 - 1.2. Themenbezogene Fundstellenanalyse (allgemeine Fragestellungen)
 - 1.3. Themenbezogene Detailübersicht

- 2 Rechercheergebnis – Bodenwasserprobennahme (QSM)**
 - 2.1 Sachstandsrecherche
 - 2.2. Themenbezogene Fundstellenanalyse (allgemeine Fragestellungen)
 - 2.3 Themenbezogene Detailübersicht

- 3 Rechercheergebnis – Direct Push Verfahren (QSM)**

4 Typenblätter

4.1 Typenblätter Grundwasser

4.1.1 Aktive Verfahren – Pump-Probennahme

- 4.1.1.1 Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen
- 4.1.1.2 Grundwasserprobennahme mittels Low-Flow-Purging and Sampling
- 4.1.1.3 Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln
- 4.1.1.4 Grundwasserprobennahme aus Messstellengruppen
- 4.1.1.5 Grundwasserprobennahme aus mehrfach verfilterten Messstellen
- 4.1.1.6 Grundwasserprobennahme mittels Sondermessstellen (*Multilevelsysteme*)
 - 4.1.1.6.1 Westbay MP-System®
 - 4.1.1.6.2 Sicker- und Grundwassermeßsystem (*SGM System*)
 - 4.1.1.6.3 Multilevel-Schlauchpackersystem - Tiefenorientiertes Probennahmesystem
 - 4.1.1.6.4 Waterloo-System (*Solinst, Canada Ltd.*)
 - 4.1.1.6.5 CMT – Multilevelsystem – Mehrkanal-Brunnensystem (*Solinst, Canada Ltd.*)
 - 4.1.1.6.6 LCKW- Probennehmer Tiefenorientiertes Probennahmesystem (*VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart*)
- 4.1.1.7 Horizontierte Grundwasserprobennahme aus verschiedenen Tiefen einer Bohrung (*GeoWater®-Verfahren*)

4.1.2 Aktive Verfahren: Schöpfprobennahme

- 4.1.2.1 Grundwasserprobennahme mittels druckhaltender Schöpfer
 - 4.1.2.1.1 BAT-Schöpfer
 - 4.1.2.1.2 EGPS-Schöpfer (*UIT GmbH Dresden*)
- 4.1.2.2 Grundwasserprobennahme mittels Schöpfer nach internationalem Stand

4.1.3 Passive Probennahme

- 4.1.3.1 Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Typ Gore™ Surveys
- 4.1.3.2 Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Keramik-Dosimeter und Toximeter
- 4.1.3.3 Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Polyethylen-Diffusions-Beutel-Sammler (*PDB-Sammler*)

4.1.4 Grundwasserprobennahme bei besonderen Probennahmesituationen

- 4.1.4.1 Hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter
- 4.1.4.2 Aufschwimmende Phase (*LNAPL*)

4.2 Typenblätter Bodenwasserprobennahme

- 4.2.1 Internationale Sonderverfahren (*ASTM*)
- 4.2.2 Einbauvarianten
- 4.2.3 Einkammer-Saugkerzen
- 4.2.4 Zweikammer-Saugkerzen
- 4.2.5 Kapillardruckgesteuerte Probennahme
- 4.2.6 Bodenwasserprobennahme mittels Shuttleprinzip (*gasdichtes System*)

4.3 Typenblätter Direct Push Verfahren (DP)

- 4.3.1 Direct Push Verfahren (allgemein)

- 4.3.2 Ermittlung hydraulischer Parameter
- 4.3.3 Grundwasserprobennahme
 - 4.3.3.1 Grundwasserprobennahme unter Verwendung von Sonden mit geschütztem Filterrohr (*sealed-screen*)
 - 4.3.3.2 Grundwasserprobennahme unter Verwendung von Sonden mit freiliegendem Filterrohr (*exposed-screen*)
 - 4.3.3.3 Grundwasserprobennahme mit dem Multilevel-Lost-Pumpsystem
- 4.3.4 Bodenluftprobennahme
- 4.3.5 Bodenprobennahme
 - 4.3.5.1 Bodenprobennahme mit einfachem Gestänge (*Single Rod-System*)
 - 4.3.5.2 Bodenprobennahme mit schutzverrohrtem Gestänge (*Dual Tube-System*)
- 4.3.6 Beschaffenheitskennwerte
 - 4.3.6.1 Schadstoffdetektierende Sonden (allgemein)
 - 4.3.6.2 Schadstoffdetektierende Sonden (*Membran Interface Probe (MIP)-Sonden*)
 - 4.3.6.3 Sonden zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter

5: Textbausteine für Musterleistungsbeschreibungen (MLB) mit Musterleistungsverzeichnissen (MLV) – Teil Qualitätssicherung

- 5.1 **Grundwasser-Probennahme**
 - 5.1.1 Erstbeprobung / Erstcharakterisierung (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
 - 5.1.2 Grundwasser-Probennahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln - Routinebeprobung - (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
 - 5.1.3 Grundwasser-Probennahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln - Erstbeprobung - (hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern)
 - 5.1.4 Grundwasser-Probennahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln – Routinebeprobung (hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern)
 - 5.1.5 Sonderprobennahme -druckhaltende Schöpfer (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
 - 5.1.6 Sonderprobennahme -druckhaltende Schöpfer (hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)
- 5.2 **Bodenwasserprobennahme**
 - 5.2.1 Bodenwasserprobennahme aus Messschächten und -gruppen - Routinebeprobung -
- 5.3 **Direct Push Verfahren**
 - 5.3.1 Grundwasserprobennahme
 - 5.3.2 Bodenprobennahme
 - 5.3.3 Bodenluftprobennahme
 - 5.3.4 Geochemische in Situ Methoden (*schadstoffdetektierende Sonden*)

1 Veranlassung

Seit In-Kraft-Treten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) im Jahr 1999 bestehen einheitliche Maßstäbe zur Bearbeitung von Verdachtsflächen, altlastenverdächtigen Flächen, schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten. Zur Bewertung der verschiedenen Wirkungspfade und Schutzgüter sieht die BBodSchV u.a. auch den Einsatz von Vor-Ort-Analytik und in situ-Untersuchungen vor.

Allerdings fehlen für diese Verfahren größtenteils noch einheitliche/standardisierte Qualitätssicherungsanforderungen von der Probennahmedurchführung bis hin zur entsprechenden Ergebnisdokumentation. Das Spektrum der einsetzbaren/verfügbaren Technologien und der wissenschaftliche Fortschritt schreiten hier rasant voran. Zwischenzeitlich gibt es eine große Anzahl von Anbietern entsprechender Technologien/Verfahren (z.B. Direct-Push Technologie) auf dem Markt, so dass es nicht immer möglich ist, die angebotenen Leistungen bzw. die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich qualitativer Anforderungen zu beurteilen. Dies ist aber insbesondere für die Interpretation der gewonnenen Erkenntnisse und Daten unabdingbar, da diese Informationen Grundlage z.B. für den Ausschluss eines Altlastenverdachts sind bzw. sich hieraus die Notwendigkeit weiterführender Maßnahmen ergeben können (z.B. weitere Untersuchungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr).

Mit der 2004 veröffentlichten Fachinformation Nr.4 des Landesumweltamtes Brandenburg „*Praxiserprobte und innovative Direkt/in situ-Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung*“ wurde sowohl den zuständigen Behörden als auch den mit der Aufgabenproblematik beauftragten Ingenieurbüros eine Entscheidungshilfe für die Auswahl und sachgerechte Anwendung von Direkt/in situ-Probennahmeverfahren zur Verfügung gestellt. Die Zugriffstatistik der im Internet verfügbaren Fachinformation bestätigt das besondere Interesse an dieser Thematik.

Die vorliegende Fachinformation stellt somit eine Fortschreibung der Fachinformation Nr. 4 (2004) dar. Der Fokus liegt jetzt nicht mehr allein auf der Darstellung von Probennahmeverfahren zur Sickerwassergewinnung im Rahmen der Sickerwasserprognose, sondern bezieht sich auf das gesamte Spektrum innovativer Verfahren und Technologien zur Probennahme der Medien Grundwasser, Schadstoffphase, Boden (ausschließlich Feldlysimeter) und Bodenluft.

2 Zielstellung

Zielstellung der vorliegenden Fachinformation ist es, den aktuellen wissenschaftlich-technischen Stand zu Qualitätssicherungsmaßnahmen (QSM) innovativer direkt/indirekt Probennahmeverfahren im Rahmen der Altlastenbearbeitung umfassend zu dokumentieren. Hierzu waren folgende Informationen zu recherchieren und auszuwerten:

- Recherche zu auf dem Markt befindlichen innovativer direkt/indirekt Technologien und Verfahren der Probennahme für Grundwasser, Boden, Bodenluft, Sickerwasser und Schadstoffphase
- Auswertung der Rechercheergebnisse hinsichtlich:
 - Anwendungsgrenzen der Verfahren sowie Fehlerquellen und deren Kontrollmöglichkeiten
 - Anwendungsgebiete: Zielstellungen und Randbedingungen für den sachgerechten Einsatz, gegebenenfalls erforderliche Verfahrenskombinationen
 - Kalibrierungserfordernisse (z.B. Häufigkeit, Überprüfung)

- Plausibilitätskontrollen, einschließlich dafür erforderlicher Anforderungen an die Dokumentation der Messungen
- erforderliche Zertifizierungen/ Qualifikationen des Personals bzw. der Auftragnehmer
- Qualitätsanforderungen, die bei der Planung, Durchführung und Auswertung (inklusive Interpretation der Ergebnisse) o.g. innovativer Probennahmeverfahren zu beachten sind
- prüfbare Qualitätssicherungskriterien, die bei der Ausschreibung und Abnahme von entsprechenden Leistungen angewendet werden sollten.

Die vorliegende Veröffentlichung soll die zuständigen Fachbehörden im Land Brandenburg und die auf dem Gebiet der Altlastenuntersuchung tätigen Nutzer (Ingenieurbüros, Labore etc.) in die Lage versetzen, die im Einzelfall zu beauftragenden Leistungen bzw. deren Ergebnisse hinsichtlich der erforderlichen qualitativen Anforderungen auf Repräsentanz/Nachvollziehbarkeit hin zu beurteilen. Als Fortschreibung der in 2004 veröffentlichten Fachinformation Nr. 4 bezieht sich die nachfolgende Auswertung inhaltlich auf die Hauptprobennahmeszenarien:

- Beprobung von Grundwasser
- Bodensickerwasserprobennahme
- Probennahme mittels Direkt Push-Verfahren.

Im Gegensatz zum Inhalt der o.g. Fachinformation Nr. 4 (2004) wird das Themenfeld Sickerwassergewinnung aus Feldlysimeter und Wick Sampler in diesem Werk nicht weiter betrachtet. Die aufgeführten beiden Probennahmearten haben z. Zt. im Rahmen der Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg noch keine Relevanz. Hierzu wird auch auf die Fachinformation Nr. 14 „Fortbildungsveranstaltung, Seminar Sickerwasserprognose Nr. VII – Lysimeter (Mai 2007)“ verwiesen.

Die vorliegende Fachinformation gliedert sich inhaltlich in einen einführenden Textteil und einen komplexen Anhang.

Textteil: Ausführungen zur Zielsetzung, Vorgehensweise und Überblick zu den Ergebnissen der Literaturrecherche sowie dem Erfahrungsstand im Land Brandenburg, den Bundesländern und der Republik Österreich sowie der Schweizerischen Eidgenossenschaft (Kapitel 1 – 4)

Anhang:

- 1 – 3 Dokumentation der Rechercheergebnisse für die 3 Probennahmeszenarien Grundwasser- und Bodenwasserprobennahme sowie Probennahme mittels Direkt Push Verfahren (Anhang 1 -3)
- 4 Typenblätter (Technologie-/Verfahrenssteckbriefe)
- 5 Technologie- bzw. verfahrensspezifische Textbausteine für Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnisse (ausschließlich unter dem Aspekt der „Qualitätssicherung“)

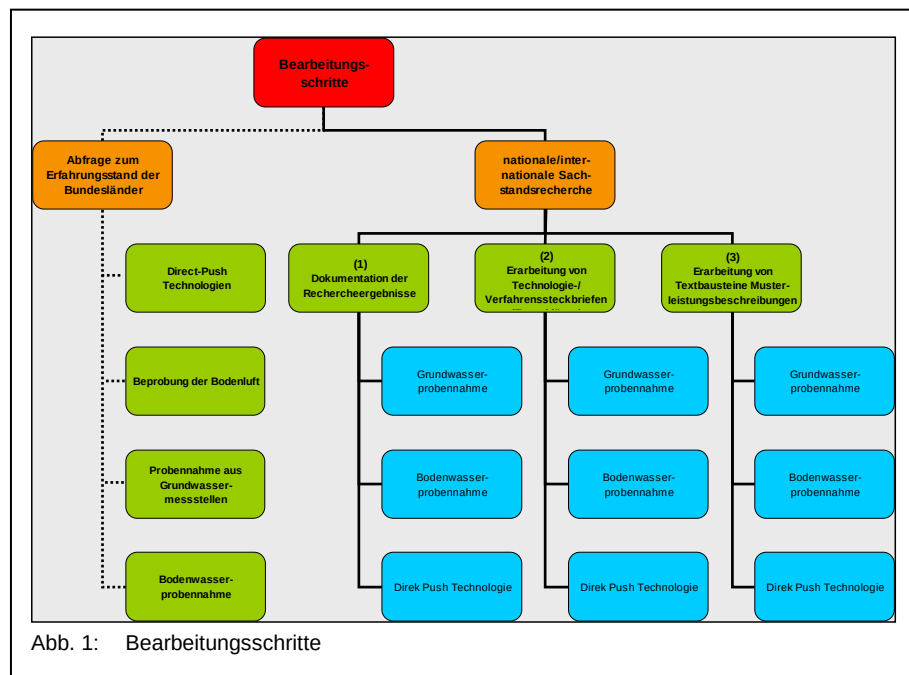
3 Vorgehensweise

Entsprechend der o.g. Zielstellung waren ausgehend von einer nationalen und internationalen Literaturrecherche einzelne Typenblätter und darauf aufbauend Textbausteinen für Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen unter dem ausschließlichen Aspekt der Qualitätssicherung zu erstellen. Diese betreffen die Bereiche der Grundwasserprobennahme, Sickerwasserprobennahme und Direct Push-Verfahren, einschließlich der damit durchführbaren Untersuchungen bzw.

Probennahmen im Grundwasser- und Bodenluftbereich. Die Bearbeitungsschritte im einzelnen untergliederten sich wie folgt (s. Abbildung 1):

- (1) Durchführung einer nationalen und internationalen Sachstandsrecherche zu innovativen direkt/indirekt Probennahmeverfahren/-technologien (unveröffentlichte/veröffentlichte Informationen und eigene Erkenntnisse/Erfahrungen der Auftragnehmer), Sichtung der gewonnenen Informationen und Auswertung entsprechend der Aufgabenstellung. Die Rechercheergebnisse waren Grundlage für die Bearbeitungsschritte 2 und 3.
- (2) Erarbeitung von Technologie-/Verfahrenssteckbriefen (z.B. physikalisch/chemische Verfahrensgrundlagen, Prinzipskizzen zum Geräteaufbau bzw. Probennahmevergange, bisherige Einsatzbereiche (Referenzobjekte), objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, etc.
- (3) Erarbeitung von Textbausteinen für entsprechende Musterleistungsbeschreibungen/-verzeichnisse unter dem ausschließlichen Aspekt von Qualitätsanforderung bzw. Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Probennahmedurchführung.

Parallel zur nationalen und internationalen Literaturrecherche wurden die entsprechenden Landesumweltämter der Bundesländer zu ihrem derzeitigen Erfahrungsstand hinsichtlich der o.g. Verfahren angefragt.



4 Rechercheergebnisse

4.1 Erfahrungsstand im Land Brandenburg

Unabhängig von der im Weiteren beschriebenen nationalen/internationalen Recherche sollen hier die Ergebnisse zum Erfahrungsstand beim Einsatzes von innovativen Probennahmeverfahren für Boden, Grundwasser, Schadstoffphase und Bodenluft im Land Brandenburg vorgestellt werden.

Im Ergebnis einer in 2005 durchgeführten Abfrage der unteren Bodenschutzbehörden (UBB) des Landes Brandenburg zum Erfahrungsstand hinsichtlich des Einsatzes innovativer Probennahmeverfahren für Grundwasser und Boden beteiligten sich 13 von 18 Landkreisen und kreisfreien Städten (72 % der UBB).

Aus Abbildung 2 ist ableitbar, dass der Einsatz o. g. Technologien und Verfahren bereits seit Anfang 2000 im Land Brandenburg gängige Praxis ist. Die ersten Standortuntersuchungen mittels innovativer Probennahmeverfahren wurden bereits 1997 in den Landkreisen Ostprignitz Ruppin und Prignitz durchgeführt.

Einsatz innovativer Probennahmeverfahren im Land Brandenburg
Abfrage der Unteren Bodenschutzbehörden (2005)

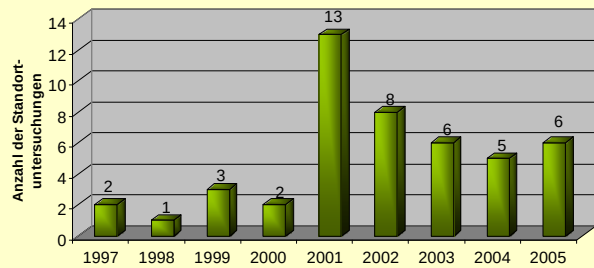


Abb. 2: Einsatz innovativer Probennahmeverfahren (Rückmeldungsstatus: 13 von 18 UBB)

Bezogen auf die bis November 2005 erfolgten Rückmeldungen der UBB (Status: 13 Rückmeldungen von 18 UBB) ergibt sich folgender Informationsstand zur Thematik:

- bis November 2005 lagen bereits in 10 Landkreisen/kreisfreien Städte entsprechende Erfahrungen vor (s. Abbildung 3)
- insgesamt wurden an 36 Einzelstandorten innovative Probennahmeverfahren im Zeitraum von 1997 – 2005 eingesetzt
- der überwiegende Anteil der Sondierungen wurde mittels Direkt Push Verfahren abgeteuft (Mehrfachnennungen pro Standort sind möglich, s.a. Abbildung 4):
 - Direkt Push-Verfahren mittels Cone Penetration Testing (CPT) (58,7%)
 - Direkt Push-Verfahren mittels Dynamischer Perkussionshammer (15,2 %)
 - GeoWater© - Sondierung (26,1 %)
- bei den eingesetzten schadstoffdetektierenden Sonden handelte es sich um (Mehrfachnennungen pro Standort sind möglich, s.a. Abbildung 5):
 - Fluoreszenzsonde ROST™ (Rapid Optical Screening Tool) z.B. MKW, PAK, Phenole und BTEX)
 - Fluoreszenzsonde/Mercury probe (FMG 600®; UV-Lampeninduzierte Fluores-



Abb. 3: Erfahrungsstand der UBB beim Einsatz innovativer Probennahmeverfahren (Redaktionsstand: 2005)

Sondierungverfahren

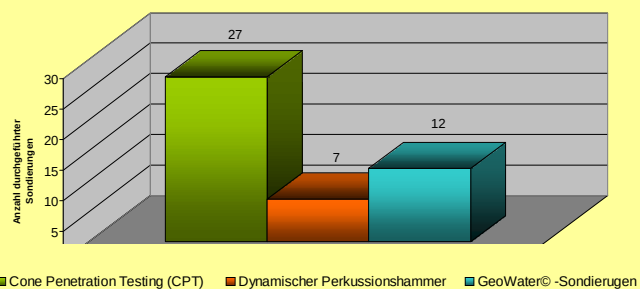


Abb. 4: In Brandenburg eingesetzte Grundwasserprobennahmesysteme und schadstoffdetektierende Sonden im Zeitraum 1997 - 2005

zenz) z.B. ringförmige Kohlenwasserstoffe

- LIF-Sonde (ROST®, FMG 300) z.B. ringförmige Kohlenwasserstoffe
 - MIP-Sonde (MIP: Membrane Interface Probe) z.B. LHKW und BTEX)
- die Grundwasserprobennahme (GW-PN) erfolgte mittels (Mehrfachnennungen pro Standort sind möglich, s.a. Abbildung 5):
- BAT-Enviroprobe
 - tiefenorientierte GW-PN mit Direkt Push-Verfahren (z.B. Fußventilpumpe o.ä.)
 - GeoWater©-System („low-flow“ Verfahren – Fußventilpumpe)
 - GeoWater© - Sondierung in Kombination mit dem verlorenen Einbau von Minidruckpumpen
- die an den 36 Untersuchungsstandorten relevanten Schadstoffe umfassten hinsichtlich der Beprobung des Grundwassers folgendes Schadstoffspektrum (Mehrfachnennungen pro Standort sind möglich, s.a. Abbildung 6):
- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)
 - Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol (BTEX)
 - Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)
 - Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
 - Methyltertiärbutylether (MTBE)
 - Trimethylbenzol
 - Ethyltoluole
 - Cumol
 - Chlornaphthaline
 - Aniline / Pyredine
 - Phenole und Alkylphenole
 - Cyanide.

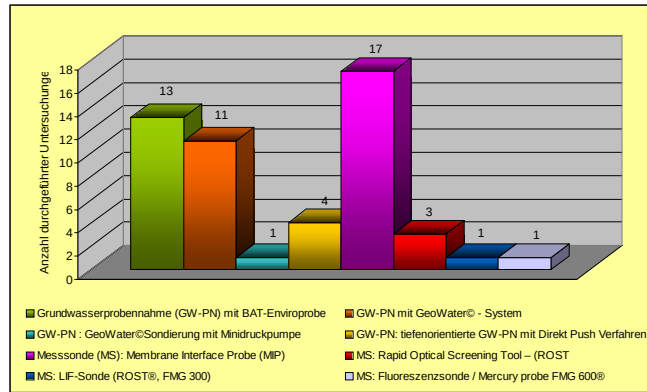


Abb. 5 Einsatz schadstoffdetektierender Sonden und Grundwasser-Probennahmesysteme im Land Brandenburg (Redaktionsstand: 2005)

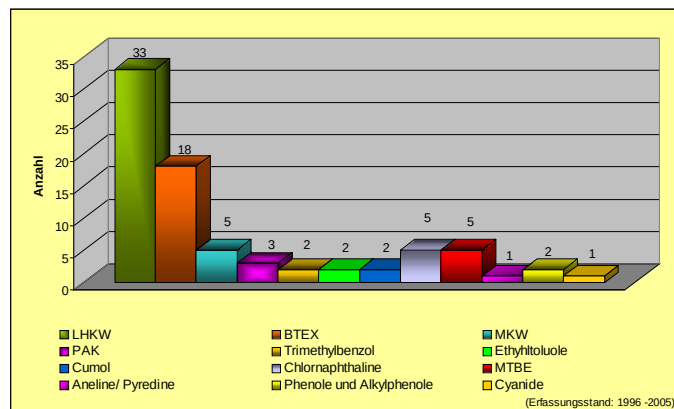


Abb. 6: Einsatz innovativer PN-Systeme im Land Brandenburg – Schadstoffspektrum der standörtlichen Grundwasseruntersuchungen (Erfassungsstand: 1996 -2005)

Aus den bisherigen Erfahrungen beim Einsatz von Drucksondier- und Sensortechnik im Land Brandenburg lassen sich folgende Probleme ableiten, welche z.T. den standörtlichen brandenburgischen Standortbedingungen geschuldet aber auch verfahrensbedingt sind:

- die Endteufe/Zielhorizont konnte nicht erreicht werden z.B. durch:
 - Gerölllagen
 - hohe Lagerungsdichte der zu erschließenden Sande
 - stark wechselnde Schichtung zwischen Sanden - Geschiebemergeln/Schluffen
 - Teufenbereiche von >40 m stellten sich i.d.R. als problematisch dar
- hohe Signalintensitäten bei den in situ Messungen mittels Detektionssonden (z.B. - Sondierungen), aber kein Schadstoffnachweis in den entsprechenden BAT - GW-Proben
- geringe Signalintensitäten bei den in situ Messungen mittels Detektionssonden (z.B. - Sondierungen) aber hohe Schadstoffkonzentrationen in den BAT - GW-Proben nachweisbar

- keine Signalintensitäten bei den in situ Messungen mittels Detektionssonden (Fluoreszenzmessungen), aber hohe Schadstoffgehalte im betreffenden Horizont im Feststoff (MKW)
- bei den in situ Messungen mittels Detektionssonden (MIP-Sondierungen) war z. T. eine vertikale Kontaminationsabgrenzung nicht eindeutig möglich (keine eindeutige Abgrenzung nach unten, vermutlich bedingt durch Memory-Effekte der Membran oder Trägheit der Detektoren)

4.2 Erfahrungsstand der Bundesländer

Im September 2008 wurden die zuständigen oberen Landesumweltbehörden der Bundesländer, die Umweltbundesämter der Republik Österreich und Deutschlands sowie das Bundesamt für Umwelt der Schweizerischen Eidgenossenschaft zu ihrem Erfahrungsstand hinsichtlich von Qualitätssicherungsmaßnahmen beim Einsatz von innovativen direkt/indirekt Probennahmeverfahren im Rahmen der Altlastenbearbeitung abgefragt. In der Umfrage ging es primär um den allgemeinen Erfahrungsstand in den einzelnen Bundesländern und der Mitteilung von bereits vorliegenden landesspezifischen Handlungsempfehlungen, Regelwerken, Arbeitsblättern, Musterleistungsbeschreibungen oder Informationsschriften. Diese landesspezifischen Vorgaben sollten sich auf die Planung, Durchführung und Interpretation der Ergebnisse von Untersuchungen mittels innovativer direkt/indirekt Probennahmeverfahren beziehen. Des Weiteren sollten auch Hinweise zu Problemen aus der praktischen Anwendung dieser Verfahren und daraus abgeleitete Informationsdefizite benannt werden.

Im Einzelnen wurden die Erfahrungen zu folgenden Probennahmearten abgefragt:

- *Direct Push-Verfahren*
 - in situ Messungen mit schadstoffdetektierenden Sonden, einschl. in situ Analytik
 - Phasenbestimmung
 - Probennahme von Boden, Wasser und Luft
 - tiefenorientierter Grundwasserprobennahme (GW-PN) aus Sondierungen sowie Ausbau von Sondierkanälen zu GW-Messstellen
- *Beprobung der Bodenluft mittels:*
 - chemischer in situ Analytik (z.B. Meta-Methode)
 - Passivsammlern
 - Neumayer-Methode
 - Multilevel-Beprobung
- *Probennahme aus Grundwassermessstellen mittels:*
 - Passivsammlern
 - Minidruckpumpen
 - Multilevelpackersystemen / Multilevelprobennahmesystemen
 - Phasenschöpfsystemen, Probennahme mittels Schutzverrohrung bei aufschwimmender Schadstoffphase
 - GW-PN aus hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern (GWL)
- *Bodenwasserprobennahme mittels:*
 - Saugkerzen und
 - Lysimetern.



Zu benennen waren die Vorgaben/Erfahrungen zu folgenden Teilthemen der Qualitätssicherung:

- Anwendungsgrenzen der Verfahren
- Zielstellungen und Randbedingungen für den sachgerechten Einsatz

- Fehlerquellen und deren Kontrollmöglichkeiten
- gegebenenfalls erforderliche Verfahrenskombinationen
- Kalibrierungserfordernisse (z.B. Häufigkeit)
- Plausibilitätskontrollen, einschließlich dafür erforderliche Anforderungen an die Dokumentation
- erforderliche Zertifizierungen / Qualifikationen des Personals bzw. der Auftragnehmer.

Die Anfrage umfasste insgesamt 19 in- und ausländische Institutionen. Bis November 2008 lagen uns insgesamt 15 Rückmeldungen ($\text{Rückmeldungsquote}_{\text{gesamt}} \approx 79\%$ und $\text{Rückmeldungsquote}_{\text{Bundesländer}} \approx 81\%$) vor.

Aus den vorliegenden Rückäußerungen der Bundesländer (Rückmeldestatus: 13 von 16 Bundesländern) ist ableitbar, dass beim überwiegenden Anteil der Befragten (61 %) ein großes Interesse an der Weiterverfolgung der Thematik besteht (s.a. Abbildung 7). Weiterhin ist ersichtlich, dass zwar 84 % der Bundesländer bereits eigene Erfahrungen mit unterschiedlichen innovativen direkt/indirekt Probenahmeverfahren im Rahmen der Altlastenbearbeitung haben, aber nur wenige Bundesländer (31 %) landesspezifische Vorgaben/Empfehlungen zu qualitätssichernden Maßnahmen für diese Probennahmeverfahren in die Praxis umgesetzt haben (s.a. Abbildung 7 und 8).

Die im Rahmen der Abfrage von den Bundesländern benannten Veröffentlichungen (z.B. Leitfäden, Merkblättern, Handlungsempfehlungen, etc.) beziehen sich u.E. i.d.R. nicht auf die hier betrachtete Thematik und Fragestellungen, sondern beschreiben überwiegend Qualitätssicherungsmaßnahmen hinsichtlich des Einsatzes konventioneller Probennahmeverfahren (Stand der Technik) bzw. beschreiben spezielle Anforderungen zum

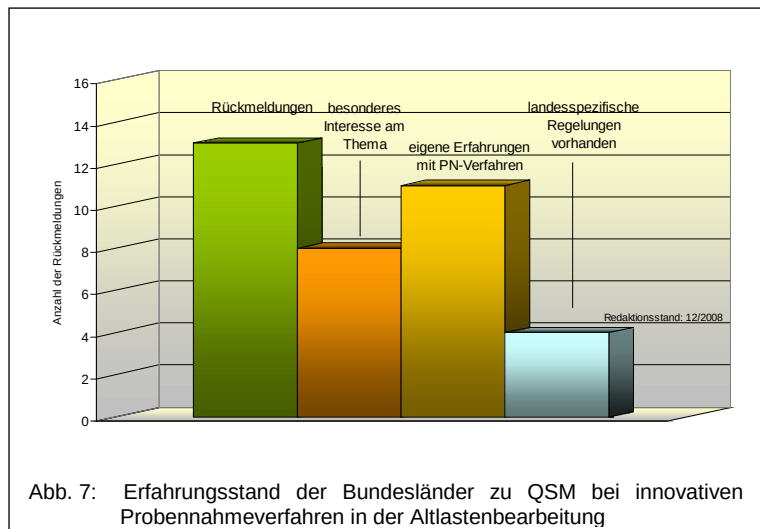


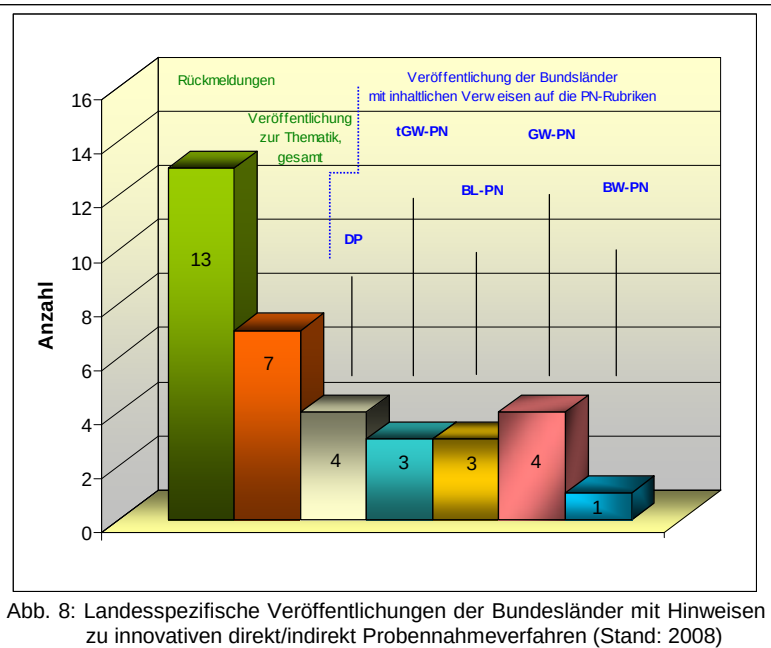
Abb. 7: Erfahrungsstand der Bundesländer zu QSM bei innovativen Probennahmeverfahren in der Altlastenbearbeitung

Einsatz innovativer Verfahren der Vorortanalytik. Als ein erster „informeller Steinbruch“ in dieser Hinsicht können hier die Veröffentlichungen:

- der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (*LfU-Literaturstudie „Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten“, 1997*)
- des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (*LfW-Merkblatt Nr. 3.8/6 „Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerunreinigungen“, 2002*)
- des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (*LUA-Fachinformation Nr. 4 „Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in situ Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung“, 2004; ehemaliges Landesumweltamt Brandenburg*) angesehen werden.

Entsprechend dem damaligen Erfahrungsstand fehlen in der o.g. *Literaturstudie* des LfU allerdings die Direkt Push-Verfahren, da nach unserer Kenntnis diese erstmals ab 1997 in Deutschland zur Anwendung kamen.

Abbildung 8 zeigt die Anzahl der Rückmeldungen aus den Bundesländern und die von den entsprechenden Umweltbehörden zur Thematik der innovativen direkt/indirekt Probennahmeverfahren (PN) als länderspezifisch eingestuftten Veröffentlichungen. Die hier enthaltenen fachlichen Hinweise zur Thematik wurden im Weiteren den folgenden Probennahme-Rubriken zugeordnet



(Doppelnennungen sind hierbei möglich):

- Direct Push-Verfahren (DP),
- tiefenorientierte Grundwasserbeprobung aus Sondierungen/Bohrungen (tGW-PN),
- Beprobung der Bodenluft (BL-PN)
- Probennahme aus Grundwassermessstellen hierzu zählen Passivsammler, Phasenschöpfsysteme, Multilevelprobennahmesysteme, etc. (GW-PN)
- Bodenwasserprobennahme hierzu zählen Saugkerzen und Lysimeter (BW-PN)

Nicht berücksichtigt wurden in dieser Darstellung Veröffentlichungen, die nicht direkt den aufgeführten PN-Rubriken zugeordnet werden konnten (z.B. konventionelle Probennahme und Analytik von Boden und Abfall).

Die folgende Aufzählung von Hinweisen, Ansichten und Vorschlägen resultiert aus den schriftlichen Rückäußerungen der Bundesländer und widerspiegelt das derzeitige Meinungsbild zum Einsatz innovativer direkt/indirekt Probennahmeverfahren:

- Als Möglichkeit der Einflussnahme bzgl. der Durchsetzung von Qualitätssicherungsmaßnahmen wird in einzelnen Bundesländern der Nachweis der Eignung im Einzelfall gefordert, falls die Eignung und Gleichwertigkeit mit herkömmlichen Methoden nicht unstrittig ist.
- Voraussetzung für die Erarbeitung von Qualitätssicherungsstandards ist eine Definition der Untersuchungsmethodiken/-verfahren, also die Festlegung eindeutiger Verfahrensregeln für die Durchführung z.B. über eine Normierung, diese fehlen aber i.d.R. noch für die aufgeführten Technologien.
- Bei der Definition von Qualitätsanforderungen sollten auch die jeweilige Anforderung der zu lösenden Aufgabenstellung berücksichtigt werden.
- Ein weiteres Problemfeld stellte die offenen Fragen hinsichtlich der Ergebnisinterpretation/ Vergleichbarkeit von Untersuchungen z.B. mittels aktiver (konventioneller) und passiver Probennahmesysteme (z.B. Pumpprobe $\leftrightarrow$ Diffusionsprobe) dar.

4.3 Erfahrungsstand der Umweltbehörden der Republik Österreich und Schweizerischen Eidgenossenschaft

Nach Auskunft der österreichischen Umweltbundesbehörde liegen Erfahrungen aus einzelnen Projekten beim Einsatz mit der Direct Push-Technologie vor.

Hinsichtlich landesspezifischer Vorgaben für den Einsatz der hier diskutierten innovativen direkt/indirekt Probennahmesysteme gibt es sowohl in der Republik Österreich als auch in der Schweizerischen Eidgenossenschaft noch keine entsprechenden fachlichen Vorgaben/Empfehlungen.

4.4 Nationale/internationale Recherche

Um eine entsprechende Übersicht zum Sachstand „Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkt/indirekten Probennahmeverfahren“ zu erhalten waren die im Recherchezeitraum (August – November 2008) verfügbaren nationalen und internationalen Informationen zu erfassen, themenbezogen auszuwerten und in übersichtlicher Form zu dokumentieren, Defizite aufzuzeigen und wenn möglich Empfehlungen abzuleiten.

Die nationale und internationale Literaturrecherche bezog sich auf folgende Verfahren/Technologien zur Probengewinnung aus:

- Grundwassermessstellen
- Sondierungen mittels Direct Push-Technologie
- tiefenorientierte Grundwasserbeprobung aus Sondierungen/Bohrungen
- Sondierung zur Beprobung der Bodenluft
- Saugkerzen und
- Lysimetern.

Als Informationsquellen für die Literaturrecherche dienen:

- Meta-Suchmaschinen zur allgemeine Internetrecherche
- Umweltfachinformationssysteme (z.B. Altlasten-Fachinformationen im World Wide Web, AlfaWeb Baden-Württemberg)
- Bibliotheken (Sächsischen Landesbibliothek, Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB), ...)
- Veröffentlichungen des Bundes und der Länder (z.B. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser)
- Veröffentlichungen von Gremien, Organisationen und Verbänden (z.B. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN); Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA); Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA); Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW); Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.; ...)
- Internationale Normen und Regelwerke (ASTM – American Society for Testing and Materials)
- Veröffentlichungen der United States Environmental Protection Agency (US-EPA)
- eigene Unterlagen der Auftragnehmer.



Das Hauptaugenmerk der Literaturrecherche richtete sich hierbei insbesondere auf Informationen:

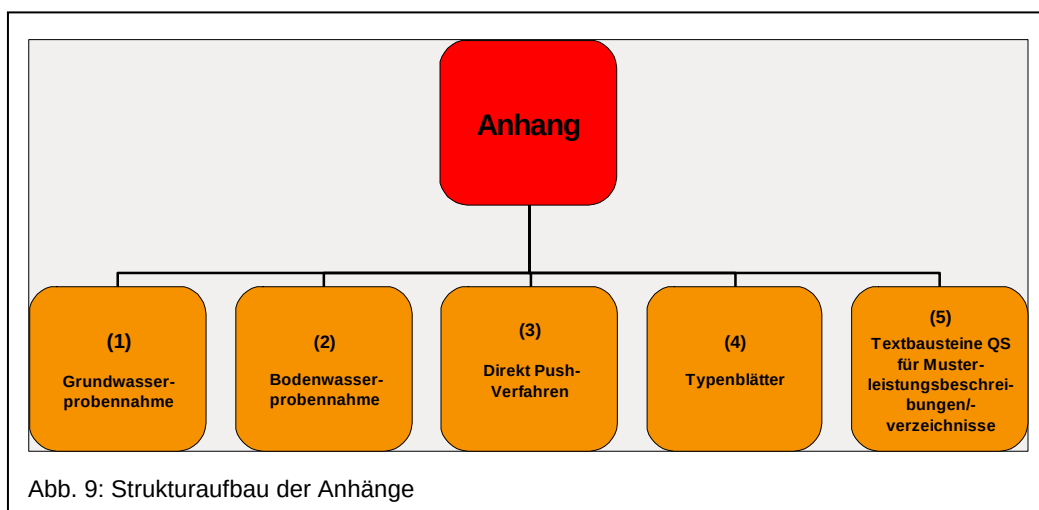
- zum Verfahrensprinzip
- den Anwendungsgebiet/-grenzen
- dem Entwicklungs- und Erfahrungsstand
- den Tagesleistungen

- den erforderlichen/zweckmäßigen Verfahrenskombinationen
- den Fehlerquellen und
- insbesondere auf die Anforderungen an die Qualitätssicherung.

Die durchgeführte nationale und internationale Literaturrecherche/–auswertung der aktuell auf dem Markt befindlichen Verfahren/Technologien umfasste mehr als 110 Quellen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Rechercheergebnisse in den Anhängen vorwiegend in tabellarischer Form ausgewertet.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass nur wenige konkrete Angaben zur Qualitätssicherung im Sinne der Aufgabenstellung ermittelt werden konnten. Vor allem in dem LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 11/2007, einschließlich der darin enthaltenen Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen, dem DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und dem BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“ wurden konkrete Prüfverfahren und Prüfkriterien für eine Qualitätssicherung gefunden, die durch die Erfahrungen der Auftragnehmer ergänzt wurden.

Eine kurze Zusammenfassung der Rechercheergebnisse erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln. Detailinformationen zu den einzelnen Verfahren (z.B. Verfahrenssteckbriefe) sind den entsprechenden Anhängen zu entnehmen. Der Strukturaufbau der Anhänge ist Abbildung 9 zu entnehmen.



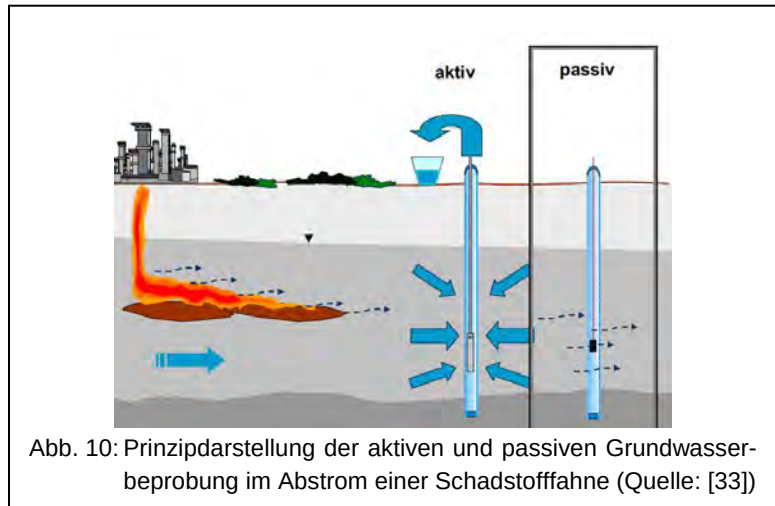
4.4.1 Probennahme aus Grundwassermessstellen

Eine Zusammenstellung der Rechercheergebnisse (Literatur, einschließlich nationaler und internationaler Normen bzw. Regelwerke) ist dem Anhang 1.1 als Literaturverzeichnis zu entnehmen. Bedingt durch die große Anzahl an Fundstellen hinsichtlich des Teilthemas „Probennahme aus Grundwassermessstellen“ wurden die entsprechenden Informationen in Form themenbezogener tabellarischer Übersichten in Anhang 1.2 und 1.3 dokumentiert (s.a. Abbildung 10a). Zusätzlich zu den innovativen Probennahmeverfahren wurden hier teilweise auch Informationen zur konventionellen „Grundwasserprobennahme“ mit erfasst, gesichtet und beurteilt. Detailliertere Informationen zu den einzelnen Grundwasser-Probennahmeverfahren können den Typenblättern im Anhang 4.1 entnommen werden.

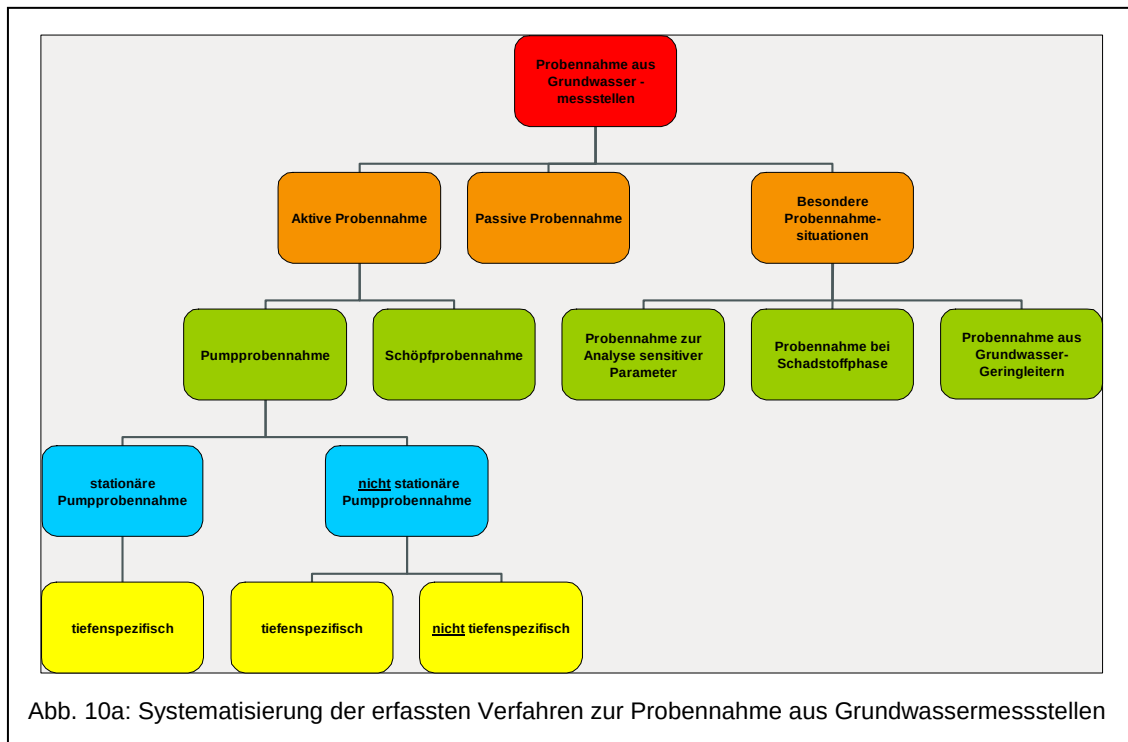
Als Ergebnis der Literaturrecherche wurde eine Systematisierung aller erfassten Verfahren zur Probennahme aus Grundwassermessstellen vorgenommen (s. Abbildung 10). Hierbei wurde eine grund-

legende Unterteilung in *aktive* (das zu beprobende Grundwasser wird aktiv aus der Messstelle gefördert) und *passive* Probennahmesysteme (Einbau eines Adsorbersystems in die Messstelle und Anreicherung von Wasserinhaltsstoffen an das Adsorbermaterial) vorgenommen.

Neben der eigentlich Erfassung von Informationen zu innovativen Grundwasserprobennahme-Verfahren wurden auch „Besondere Probennahmesituationen“ (z.B. Vorkommen von Schadstoffphase, Probennahme aus Grundwasser-Geringleitern, Probennahme zur Analyse sensibler



Parameter wie gelösten Gasen und flüchtigen Kohlenwasserstoffen) berücksichtigt.



Die weitere Detailauswertung der Rechercheergebnisse erfolgte unter Berücksichtigung o.g. Systematisierung in zwei tabellarischen Darstellungsformaten:

1. als themenbezogene Fundstellenanalyse (Erfassung aller Quellen und Vergabe einer spezifischen Nomenklatur) und Vermerk des Vorkommens entsprechender „allgemeiner“ Informationen zu einer oder mehreren Probennahmemethoden; waren generell Angaben zur Qualitätssicherung enthalten, wurden diese Quellen gesondert markiert (s. Anhang 1.2)
2. Aufgrund des besonderen Augenmerks auf die Qualitätssicherung und zur besseren Gegenüberstellung der einzelnen Grundwasserprobennahme-Verfahren wurden in einer zweiten Tabelle (s.

Anhang 1.3) alle für die Qualitätssicherung relevanten Einzelmaßnahmen aufgelistet und die in Anlage 1.2 erfassten Literaturquellen hinsichtlich dieser Einzelmaßnahmen detailliert ausgewertet.

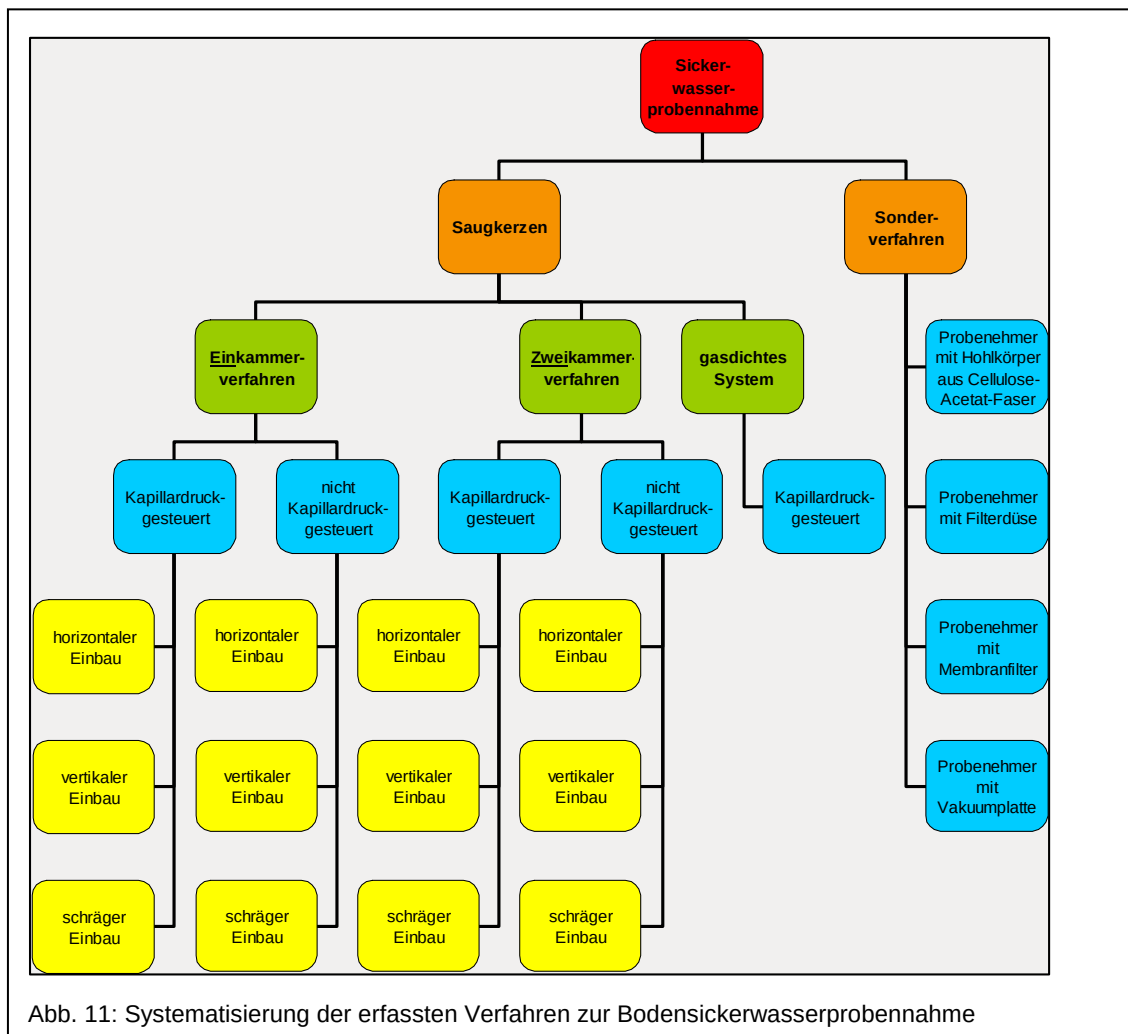
Die Auswertung ergab, dass nur wenige konkrete Angaben zur Qualitätssicherung bezogen auf innovative direkt/indirekt Probennahmeverfahren vorlagen. Vor allem in dem LMBV-Merkblatt „*Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV*“, 11/2007, einschließlich der darin enthaltenen Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen wurden konkrete Prüfverfahren und Prüfkriterien für eine Qualitätssicherung gefunden, die durch die Erfahrungen der Auftragnehmer ergänzt wurden.

Empfehlungen zur Gestaltung von Musterleistungsbeschreibungen hinsichtlich des Teilthemas Qualitätssicherung bei der Grundwasserprobennahme werden im Anhang 5.1 gegeben.

4.4.2 Bodensickerwasserprobennahme

Im Vergleich zur Grundwasserprobennahme mit über 50 Fundstellen, konnten zum Teilthema Bodensickerwasserprobennahme nur insgesamt 11 Literaturquellen recherchiert werden. Im Anhang 2.1 erfolgt eine ausführliche textliche Zusammenfassung der entsprechenden Rechercheergebnisse. Wie schon beim Teilthema „*Grundwasserprobennahme*“ wurden auch für das Teilthema „Bodensickerwasserprobennahme“ die erfassten Informationen zusätzlich in Form themenbezogener tabellarischer Übersichten in Anhang 2.2 und 2.3 ausgewertet.

Als Ergebnis der Literaturrecherche wurde eine Systematisierung aller erfassten Verfahren zur Probennahme des Bodensickerwasser vorgenommen (s. Abbildung 11).

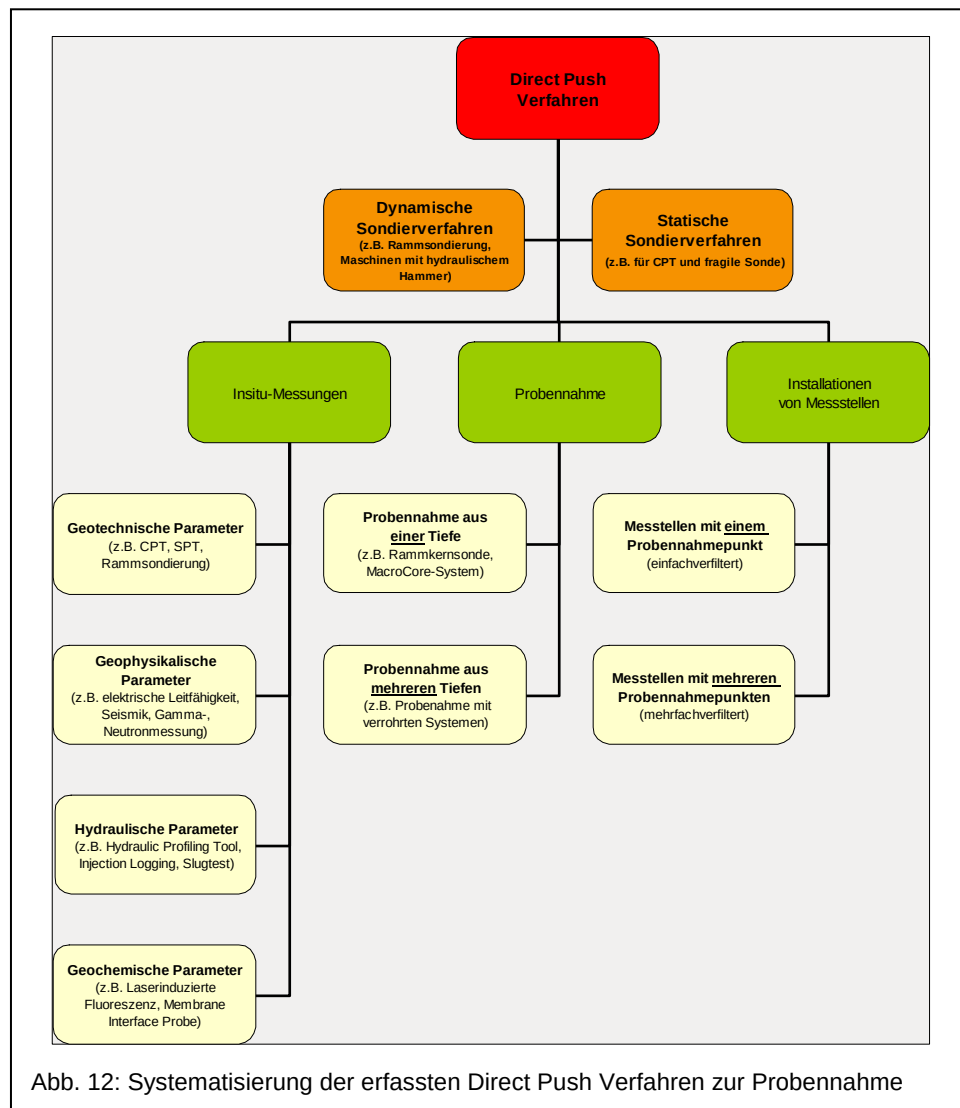


Detailliertere Informationen zu den einzelnen Probennahmeverfahren können auch den Typenblättern im Anhang 4.2 entnommen werden.

Hinweise zur Gestaltung von Musterleistungsbeschreibungen hinsichtlich des Teilthemas Qualitätssicherung bei der Bodensickerwasserprobennahme werden im Anhang 5.2 gegeben.

4.4.3 Direct Push Verfahren

Direct Push-Verfahren werden hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten ständig erweitert und zunehmend angewendet. Die recherchierten Quellen wurden im Anhang 3 als Literaturverzeichnis zusammengestellt und umfassen insgesamt 52 Veröffentlichungen. Im Ergebnis der Literaturrecherche wurde eine Systematisierung aller erfassten Direct Push-Verfahren vorgenommen (s. Abbildung 12).



Detailliertere Informationen zu den einzelnen Probennahmeverfahren können auch den Typenblättern im Anhang 4.3 entnommen werden.

Hinweise zur Gestaltung von Musterleistungsbeschreibungen hinsichtlich des Teilthemas Qualitätssicherung bei Direct Push Verfahren werden im Anhang 5.3 gegeben.

4.5 Bearbeitung von Technologie-/ Verfahrenssteckbriefen (Typenblätter)

Im Ergebnis der Literaturrecherche und unter Einbeziehung der praktischen Erfahrungen des Bearbeiterteams wurden Typenblätter für die verschiedenen innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren für Boden, Grund-, Sickerwasser, Schadstoffphase und Bodenluft erarbeitet, die folgende Angaben zusammenfassen:

- Verfahrensgrundlagen/-prinzipien/-skizzen, technische Daten (z.B. physikalisch/chemische Grundlagen, Prinzipskizzen zum Geräteaufbau bzw. Probennahmeverfahren)
- Anwendungsgebiet (Zielstellung, bisherige Einsatzbereiche)
- Anwendungsgrenzen (wo und wo nicht anwendbar)
- Entwicklungs-/Erfahrungsstand (Stand der Technik/Wissenschaft; bestverfügbarer Stand der Technik,...)
- Tagesleistung (Abschätzung der täglichen Arbeitsleistung)
- Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung
- Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)
- Qualitätskontrolle (Prüfkriterien, Prüfverfahren, Dokumentation der Ergebnisse, Plausibilitätskriterien, erforderliche Zertifizierung und Qualifikation, Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse, Kalibrierung sowie Reinigung)
- Literaturhinweise / Links.

Die Typenblätter sind im Anhang 4 dokumentiert.

4.5.1 Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Grundwasserprobennahme

Die zur Qualitätssicherung im Bereich der verschiedenen direkt und indirekt Grundwasserprobennahmeverfahren erarbeiteten Typenblätter wurden in der Anhang 4.1 zusammengefasst und umfassen:

Anhang 4.1.1 – aktive Verfahren, Pump-Probennahme:

- aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen
- mittels Low Flow Purging and Sampling
- aus Messstellenbündeln
- aus Messstellengruppen
- aus mehrfach verfilterten Grundwassermessstellen
- mittels Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Anhang 4.1.2 – aktive Verfahren, Schöpfprobennahme:

- mittels druckhaltender Schöpfer
- mittels Schöpfverfahren nach internationalem Stand

Anhang 4.1.3 – passive Probennahmeverfahren:

- mittels Passivsammler - GoreTM Surveys
- mittels Passivsammler - Keramik-Dosimeter und Toximeter
- mittels Passivsammler - Polyethylen-Diffusions-Beutel-Sammler (PDB-Sammler)

Anhang 4.1.4 – besondere Probennahmesituationen:

- Hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter
- Aufschwimmende Phase (LNAPL).

4.5.2 Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Bodenwasserprobennahme

Die zur Qualitätssicherung im Bereich der verschiedenen Bodenwasserprobennahmeverfahren erarbeiteten Typenblätter wurden im Anhang 4.2.1 – 4.2.6 zusammengefasst und in folgende Themenschwerpunkte unterteilt:

- Internationale Sonderverfahren (ASTM)
- Einbauvarianten (horizontal, vertikal und schräg)
- Einkammer-Saugkerzen
- Zweikammer-Saugkerzen
- Kapillardruckgesteuerte Probennahme
- Probennahme mittels Shuttleprinzip (gasdichtes System)

4.5.3 Typenblätter zur Qualitätssicherung im Bereich der Direct Push-Verfahren

Wie bereits im Kapitel 4.4.3 dargestellt, unterliegen Direct Push-Verfahren einer ständigen Weiterentwicklung. Dementsprechend wurden die Typenblätter in folgender Struktur der Anhang 4.3 beigefügt:

Anhang 4.3.1 - Direct Push-Verfahren (allgemein)

Anhang 4.3.2 - Ermittlung hydraulischer Parameter

Anhang 4.3.3 - Grundwasserprobennahme unter Verwendung von:

- Sonden mit geschütztem Filterrohr (sealed-screen)
- Sonden mit freiliegendem Filterelement (exposed-screen)

Anhang 4.3.4 - Bodenluftprobennahme

Anhang 4.3.5 - Bodenprobennahme mit:

- einfachem Gestänge (Single Rod-System)
- schutzverrohrtem Gestänge (Dual Tube-System)

Anhang 4.3.6 – Beschaffenheitskennwerte:

- schadstoffdetektierende Sonden, allgemein
- Schadstoffdetektierende Sonden (Membran Interface Probe (MIP)-Sonden)
- Sonden zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter.

4.6 Bearbeitung von technologie- bzw. verfahrensspezifische Textbausteinen für Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen

Auf der Grundlage der Rechercheergebnisse, insbesondere der analysierten system- und handhabungsbedingten Fehlerquellen, erfolgte die Bearbeitung von technologie- bzw. verfahrensspezifischen Textbausteinen für Musterleistungsbeschreibungen (MLB) mit Musterleistungsverzeichnissen (MLV). Die Textbausteine wurden unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der **Qualitätssicherung** für die Abnahme der entsprechenden Leistungen erarbeitet.

Im Rahmen der Recherche wurden nur in wenigen Regelwerken eindeutige und prüfbare Qualitätssicherungskriterien ermittelt. Hierzu zählen vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“ (LMBV, 2007), das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“. Weiterhin wurden praktische Erfahrungen des Bearbeiterteams berücksichtigt.

Die Textbausteine für Musterleistungsbeschreibungen mit Musterleistungsverzeichnissen wurden als Anhang 5 mit folgenden Teilleistungen beigefügt.

Anhang 5.1: Grundwasserprobennahme:

- Erstbeprobung / Erstcharakterisierung (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
- Grundwasser-Probenahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln - Routinebeprobung - (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
- Grundwasser-Probenahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln - Erstbeprobung - (hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern)
- Grundwasser-Probenahme aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und Messstellenbündeln – Routinebeprobung (hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern)
- Sonderprobennahme -druckhaltende Schöpfer (hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)
- Sonderprobennahme -druckhaltende Schöpfer (hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)

Anhang 5.2: Bodenwasserprobennahme aus Messschächten und Messstellengruppen

Anhang 5.3: Direct Push-Verfahren

- Grundwasserprobennahme
- Bodenprobennahme
- Bodenluftprobennahme
- Geochemische in Situ Methoden (schadstoffdetektierende Sonden).

5 Resümee

In Auswertung der recherchierten Veröffentlichungen zur Thematik lässt sich abschließend folgendes konstatieren: Es fehlen u. E. für den Bereich der innovativen direkt/indirekt Probennahmeverfahren noch entsprechende allgemeinverbindliche Standards/Normen zur Qualitätssicherung, welche es zum einen dem Auftraggeber entsprechender Leistungen ermöglichen könnten, die verschiedenen auf dem Markt verfügbaren Verfahren/Technologien in ihrem Leistungs- und Qualitätsspektrum (z.B. Messgenauigkeit) zu vergleichen bzw. die erbrachten Leistungen zu überprüfen. Für den Kunden dieser Leistungsgruppe sind u. E. entsprechende Kenntnisse insbesondere auch schon in der Planungsphase in Abhängigkeit von der jeweiligen Untersuchungsstufe (z.B. orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung) am zu beurteilenden Standort und dem damit verbundenen notwendigen Detaillierungsgrad der Untersuchungsergebnisse (z.B. erforderlicher Messwertgenauigkeit und Fehlertoleranz der zu ermittelnden Messwerte/Parameter) von Bedeutung. Weiterhin ist es u. E. notwendig auf der Grundlage von entsprechenden Standards/Normen bzw. breit konzertierter Empfehlungen Aussagen zu folgenden Themenfelder zu treffen:

- Gleichwertigkeit alternativer Verfahren/Technologien,
- Reproduzierbarkeit der Messergebnisse und
- Vergleichbarkeit der gewonnenen Messwerte/Parameter verschiedener Verfahren/Technologien.

Hierzu sind u.E. auch die Anbieter entsprechender Technologien gefordert, unterstützend bei der Erarbeitung entsprechender Standards/Normen mitzuwirken.

Eine nicht minder wichtige Zielstellung dieser Veröffentlichung war es, die Notwendigkeit der Erarbeitung/Aktualisierung von normierenden Vorgaben insbesondere hinsichtlich qualitätssichernder Maßnahmen in der Altlastenbearbeitung zu verdeutlichen und die öffentliche Diskussion hierzu anzuregen. Im Ergebnis wäre es wünschenswert, wenn entsprechende Standards und Empfehlungen auf breit konzertierter Basis zeitnah erarbeitet und dem mit dieser Thematik betrauten Kundenkreis zur Verfügung gestellt werden. Vor allem im Bereich der Direct Push-Technologie und Grundwasserproben-

nahme (z.B. Passivsammler) wird bedingt durch die zunehmende Erweiterung von Verfahren und Vorrichtungen eine ständige Aktualisierungsnotwendigkeit bestehen.

Wir hoffen mit dieser Veröffentlichung einen Impuls für den Einstieg in eine breite öffentliche Fachdiskussion hinsichtlich des Themenbereichs Qualitätssicherung bei innovativen direkt/indirekt Probennahmeverfahren gegeben zu haben und bitten Sie uns Ihre Erfahrungen zu diesem Themenfeld mitzuteilen.

Abschließend möchten wir uns nochmals recht herzlich beim Projektteam und den Fachkollegen der unteren Bodenschutzbehörden der Kreise und kreisfreien Städte, der Umweltbehörden der Bundesländer und insbesondere auch bei den Kollegen des Umweltbundesamt Österreich und dem Bundesamt für Umwelt der Schweizerischen Eidgenossenschaft für ihre Unterstützung und geleistete Arbeit bedanken.

Anhang 1

Rechercheergebnis Grundwasserprobennahme (QSM)

Anhang 1.1

Rechercheergebnis
Grundwasserprobennahme (QSM)

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis	
/01/	AQS-Merkblatt P-8/2: "Probenahme von Grundwasser" Erich Schmidt Verlag; Stand: Mai 1995
/02/	ASTM International "Standard Guide for Field Quality Assurance in a Ground-Water Sampling Event" Designation: D 7069-04; 2004
/03/	ASTM International "Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells" Designation: D 4448-01; 2001
/04/	ASTM International "Standard Practis for Sampling Liquids Using Bailers" Designation: D 6699-01 (Reapproved 2006)
/05/	Baldur Barczewski "Zusammenstellung der bestehenden Vorschriften und deren Anwendbarkeit im Forschungsschwerpunkt KORA" ppt-Präsentation; 2004 www.natural- attenuation.de/media.php?mld=3690&PHPSESSID=391758d98038d740b44ce02adb4148f2 (Stand: 26.11.2008)
/06/	Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft Anlage 3 zu Merkblatt Nr. 3.8/3 "Natürliche Schadstoffminderung bei Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten und schädliche Bodenveränderungen - Natural Attenuation"; 2004 http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/merkblattsammlung/teil3_grundwasser_und_b oden/doc/nr_383_anlage3.pdf (Stand: 26.11.2008)
/07/	Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft Merkblatt Nr. 3.8/6 "Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen"; 2002 http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/merkblattsammlung/teil3_grundwasser_und_b oden/doc/nr_386.pdf (Stand: 26.11.2008)
/08/	Birgit Köstler, Baldur Barczewski, Norbert Klaas Literaturstudie: "Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten" Universität Stuttgart, Inst. f. Wasserbau; Dezember 1997 http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/print/s_26_LitStudieGW.pdf (Stand: 26.11.2008)
/09/	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) - Altlastenausschuss (ALA) Unteraus- schuss "Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung", Kapitel 2; 2002 http://www.labo-deutschland.de/pdf/labo-arbeitshilfe-qualitaetssicherung-12-12-2002.pdf (Stand: 26.11.2008)
/10/	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL "Praxishilfe: Grundwasserprobenahme" Bern; 2003 http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/phpLdxvDz.pdf (Stand: 26.11.2008)
/11/	BWK-Merkblatt: "Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnisses zur Grundwasserprobenahme bei Altlasten im Lockergestein" Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.; Nov. 2008

/12/	Carsten Leven (Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UfZ) "Direct Push-Technologien - Teil 2; Probenahmetechniken" ppt-Präsentation http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/igw/studium/dateien/dp_techniken_2008_teil2.pdf (Stand: 26.11.2008)
/13/	CH2M HILL "Groundwater sampling using no-purge sampling methods passive diffusion samplers and hydrasleeves" November 2006 http://www.mmr.org/IRP/plans/QaPP2008/PDF%20Appendices/Appendix%20D/Tech-031.pdf (Stand: 26.11.2008)
/14/	DIN 38 402 Teil 13 Allgemeine Angaben (Gruppe A) Probenahme aus Grundwasserleitern Dez. 1985
/15/	DIN EN ISO 5667-1 "Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken (ISO 5667-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 5667-1:2006" 2006
/16/	DIN EN ISO 5667-3 "Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Wasserproben (ISO 5667-3:2003); Deutsche Fassung EN ISO 5667-3:2003" 2003
/17/	DVGW Technische Mitteilung Merkblatt W112: "Wasserversorgung - Entnahme von Wasserproben bei der Wassererschließung" DVGW, Eschborn; 1983
/18/	DVWK Merkblätter 245/1997 "Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen" DVWK, Bonn; 1997
/19/	DVWK Regeln 128/1992 "Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben" DK 556.32.001.5 - Grundwasseruntersuchungen; DK 543.3.053 Probenahme Verlag Paul Paray Hamburg; 1992
/20/	Fachveranstaltung "Repräsentative Altlastenerkundung: Anspruch und Realität" Dieter Horchler Vortrag "Qualitätssicherung bei der Probenahme" altlastenforum Baden-Württemberg, 2005 http://www.ofd-hannover.de/LA/LADocs/Leit-OFD/Pres_Ver/BGWS/QS-PN2005altlastenforum.ASP (Stand: 26.11.2008)
/20a/	Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006
/21/	Hans-Jürgen Voigt; Thomas Wippermann: "Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten" Band 6 Geochemie Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998
/22/	HLUG Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie Handbuch Altlasten "Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen" 2002 http://www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/hba3_2_web.pdf (Stand: 26.11.2008)

/23/	Interstate Technology & Regulatory Council; Diffusion/Passive Sampler Team "Protocol for Use of Five Passive Samplers to Sample for a Variety of Contaminants in Groundwater" 2007 http://www.itrcweb.org/Documents/DSP-5.pdf (Stand: 26.11.2008)
/24/	Joe Ritchey "Low-flow purging and sampling ground water" ASTM Standardization News; 2002 http://www.clean.com.br/artigos/sampling/Joe%20Ritchey.pdf (Stand: 26.11.2008)
/25/	Klaus Knödel; Gerhard Lange; Hans-Jürgen Voigt: "Environmental Geology" Handbook of Field Methods and Case Studies Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2007
/26/	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten; "Anlage 2: Merkblatt für den Probenehmer von Grund-, Roh- und Trinkwasser" 2001 http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/Alfaweb/print/tba06.pdf (Stand: 26.11.2008)
/26a/	Literaturstudie „Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten“, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997 http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/10115/s_26_LitStudieGW.pdf?command=downloadContent&filename=s_26_LitStudieGW.pdf
/27/	Landesumweltamt Brandenburg Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg - Band 8 "Gewinnung von Boden-, Bodenluft,- und Grundwasserproben im Rahmen der Altlastenbearbeitung" Potsdam, 1998
/28/	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen "Grundwasseruntersuchungen an Altlasten im Lockergestein. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz MALBO 25" Essen; 2006 http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/malbo/malbo25/malbo25.pdf (Stand: 26.11.2008)
/29/	LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH "Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH" Merkblatt; 30.11.2007
/29a/	Michels J., Stuhmann M., Frey C., Koschitzky H.-P. (Hrsg.) (2008) Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten (KORA). VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA e.V. Frankfurt, ISBN 978-3-89746-092-0 http://www.natural-attenuation.de/content.php?_document%5BDID%5D=6947&pageId=2647
/30/	Peter Dietrich "Hinweise zur Qualitätssicherung bei der Probenahme" ppt-Präsentation www.natural-attenuation.de/media.php?mId=3691&PHPSESSID=ba0643da645cba7bba4ef9448ff4c9f (Stand: 26.11.2008)
/31/	Rainer Haas, "Monitoring von Grund- und Oberflächenwasser mit gaisafe-Passivsammelern" Seminar Altlasten 2007 - Auszug

/32/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2004 A. Paschke Beitrag 13 "Zeitgemittelte Erfassung organischer Schadstoffe im Grundwasser mit Passivsammlern aus membranumhülltem Silikonmaterial" Weiterbildung 28.-30.10.2004 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/RGWPN_2004.pdf (Stand: 26.11.2008)
/33/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2004 Dr. H. Weiß Beitrag 15 "Innovative Methoden der Grundwasserbeprobung" Weiterbildung 28.-30.10.2004 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/RGWPN_2004.pdf (Stand: 26.11.2008)
/34/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2004 E. Hasselwander Beitrag 14 "Probenahme von Grundwasser bei aufschwimmender Ölphase" Weiterbildung 28.-30.10.2004 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/RGWPN_2004.pdf (Stand: 26.11.2008)
/35/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2006 C. Nitsche, P. Dietrich und R. Lankau Beitrag 6 "Grundwasserprobenahme aus Geringleitern" Weiterbildung 2.-4.11.2006 in Magdeburg http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/Gesamtdokument.pdf (Stand: 26.11.2008)
/36/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2006 T. Höpfner Beitrag 5 "Qualitätssicherung bei der Grundwasserprobenahme" Weiterbildung 2.-4.11.2006 in Magdeburg http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/Gesamtdokument.pdf (Stand: 26.11.2008)
/37/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2008 C. Nitsche; V. Neumann; K.-H. Pokrandt Beitrag 6 "Grundwasserprobenahme in Gegenwart komplex gebundener Metallionen" Weiterbildung 9. - 11.10.2008 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle
/38/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2008 Claus Nitsche & Holger Weiß Beitrag 7 "Qualitätssicherung bei der Probenahme" Weiterbildung 9. - 11.10.2008 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle
/39/	Repräsentative Grundwasserprobenahme 2008 Hansjörg Weiß, Innovative Messtechnik Weiss, Tübingen Beitrag 9 "Einsatz von Passivsammlern bei der Probennahme" Weiterbildung 9. - 11.10.2008 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle
/40/	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH "Merkblatt Grundwasserprobenahme" 2004 http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/fileadmin/Elementbibliothek/Master-Bibliothek/Landesbetriebe/LHW/DownloadBereich/Probennahmemerkblatt.pdf (Stand: 26.11.2008)
/41/	Schlumberger Water Services "Westbay System; Multilevel Groundwater Monitoring" Produktbroschüre http://www.swstechnology.com/pdfs/brochures/westbay_system.pdf (Stand: 26.11.2008)

/42/	Solinst "Solinst CMT Multilevel System" Model 403 Data Sheet http://www.solinst.com/Prod/Data/403.pdf (Stand: 26.11.2008)
/43/	Solinst "Solinst Waterloo System" Model 401 Data Sheet http://www.solinst.com/Prod/Data/401.pdf (Stand: 26.11.2008)
/44/	Steve Karklins "Groundwater sampling field manual" PUBL-DG-038 96; Wisconsin Department of Natural Resources; September 1996 http://www.dnr.state.wi.us/org/water/dwg/gw/pubs/field.PDF (Stand: 26.11.2008)
/45/	Travis von Dessonneck "Multi-Level Ground-Water Monitoring" ppt-Präsentation http://comp.uark.edu/~ksteele/hc2004/webhcsite/text%20present/Multi-Level%20Ground-Water%20Monitoring.ppt#256,1,Multi-Level Ground-Water Monitoring (Stand: 26.11.2008)
/46/	US Patents 6,481,300 and 6,837,120 "HydraSleeve - A new, passive, no-purge, ground-water sampler for all contaminants" ppt-Präsentation http://www.durhamgeo.com/pdf/Rem-pdf/Other/HydraSleeve.pdf (Stand: 26.11.2008)
/47/	US-EPA - Science and Ecosystem Support Division Athens, Georgia "Operating procedure - Groundwater sampling" 2007 http://www.epa.gov/Region4/sesd/fbqstp/Groundwater-Sampling.pdf (Stand: 26.11.2008)
/48/	US-EPA - SEDS Science and Ecosystem Support Division Athens, Georgia "Operating procedure - Field sampling quality control" 2008 http://www.epa.gov/Region4/sesd/fbqstp/Field-Sampling-Quality-Control.pdf (Stand: 26.11.2008)
/49/	US-EPA "Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers" 2002 http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gw_sampling_guide.pdf (Stand: 26.11.2008)
/50/	US-EPA "Low-flow purging and sampling of groundwater Monitoring wells" Bulletin No. QAD023; October 15, 1997 www.epa.gov/reg3wcmd/ca/lowflow.htm (Stand: 26.11.2008)

Anhang 1.2

Rechercheergebnis
Grundwasserprobennahme (QSM)

Themenbezogene Fundstellenanalyse
(allgemeine Fragestellungen)
(Blatt 1 – 2)

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkt/indirekten Probennahmeverfahren

Grundwasserprobennahme Auswertung der Literaturrecherche - Themenbezogene Fundstellenanalyse							aktive PN																				aktive PN							
							Pump-PN																				Pump-PN							
							nicht-stationär																				stationär							
							nicht tiefspezifisch (voll verfiltrierte GWM)										tiefspezifisch (voll verfiltrierte GWM oder GWM/ GWM-systeme mit verschiedenen Filterbereichen)										tiefenspetifisch							
Quellenbezeichnung lang		Jahr	generell Infos zu QS vorh.? (1=ja)	QS allgemein	Pumpprobennahme "low-flow" (Minimierung der GW-Absenkung)					"normale" Pumpprobennahme					PN aus Messstellenbündeln					PN aus Messstellengruppen					PN mittels Separationspumpen (simultane Pumpraten-Methode)					PN mittels (Multi)Packersystemen				
					Verf.grundl. -prinzipien, -skizzen	Anwendngs.- gebiete	Entwicklgs.-/ Erfahrungs- stand	Erfordert/ zweckmäß. Verf.komb.	QS / Fq	Verf.grundl. -prinzipien, -skizzen	Anwendngs.- gebiete	Entwicklgs.-/ Erfahrungs- stand	Erfordert/ zweckmäß. Verf.komb.	QS / Fq	Verf.grundl. -prinzipien, -skizzen	Anwendngs.- gebiete	Entwicklgs.-/ Erfahrungs- stand	Erfordert/ zweckmäß. Verf.komb.	QS / Fq	Verf.grundl. -prinzipien, -skizzen	Anwendngs.- gebiete	Entwicklgs.-/ Erfahrungs- stand	Erfordert/ zweckmäß. Verf.komb.	QS / Fq	Verf.grundl. -prinzipien, -skizzen	Anwendngs.- gebiete	Entwicklgs.-/ Erfahrungs- stand	Erfordert/ zweckmäß. Verf.komb.	QS / Fq					
/101/	AQS-Merkblatt P-8/2: "Probenahme von Grundwasser"	1995	1	S. 2, 3, 5																														
/102/	ASTM International: "Standard Guide for Field Quality Assurance in a Ground-Water Sampling Event"	2004	1	S. 3 + Verweise																														
/103/	ASTM International: "Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells"	2001	1			S. 3			D					D														S. 11, 12						
/104/	ASTM International: "Standard Practice for Sampling Liquids Using Bailers"	2006	1																															
/105/	Baldur Barczewski: "Zusammenstellung der bestehenden Vorschriften und deren Anwendbarkeit im Forschungsschwerpunkt KORA"	2004	1	S. 4-5, 14-18														S. 14											S. 14					
/106/	Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Anlage 3 zu Merkblatt Nr. 3.8/3 "Natürliche Schadstoffminderung bei Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten und schädliche Bodenveränderungen - Natural Attenuation"	2004																				S. 7 (Pumpenkette)	S. 7 (Pumpenkette)						S. 7	S. 7				
/107/	Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Merkblatt Nr. 3.8/6 "Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerunreinigungen"	2002																										S. 22	S. 21, 22			Ü		
/108/	Birgit Köstler, Baldur Barczewski, Norbert Klaas: Literaturstudie: "Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten"	1997	1																			S. 67	S. 67	S. 68		Ü	S. 72, 73	S. 72-74	S. 73, 74					
/109/	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) - Altlastenausschuss (ALA) Unterausschuss "Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung", Kapitel 2; 2002	2002	1											D														S. 79	S. 79					
/110/	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL: "Praxishilfe: Grundwasserprobenahme"	2003	1	S. 57																														
/111/	BWK-Merkblatt: "Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungs-verzeichnisses zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein"	2008	1	S. 8-18	S. 20, 21	S. 21																												
/112/	Carsten Leven (Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UfZ): "Direct Push-Technologien - Teil 2: Probenahmetechniken".ppt-Präsentation				S. 52	S. 53																												
/113/	CH2M HILL: "Groundwater sampling using no-purge sampling methods passive diffusion samplers and hydrasleeves"	2006	1																															
/114/	DIN 38 402 Teil 13: Allgemeine Angaben (Gruppe A) Probenahme aus Grundwasserleitern	1985	1																															
/115/	DIN EN ISO 5667-1: "Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken"	2007	1	5667-14 + S.11 + D																														
/116/	DIN EN ISO 5667-3: "Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Wasserproben"	2004	1	S.12.13 (allg.) + D																														
/117/	DVGW Technische Mitteilung Merkblatt W112: "Wasserversorgung - Entnahme von Wasserproben bei der Wassererschließung"	1983	1	D																														
/118/	DVGW Merkblätter 245/197: "Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermeßstellen"	1997	1								S. 10		S. 10	Ü	S. 7	S. 8					S. 7	S. 8						S. 11 (Skizzen)	S. 11, 12			Ü		
/119/	DVGW Regeln 128/1992: "Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben"	1992	1	D							S. 7, 8																							
/120/	Fachveranstaltung "Repräsentative Altlastenerkundung: Anspruch und Realität", Dieter Horchler: Vortrag "Qualitätssicherung bei der Probenahme"	2005	1	S. 7 (Kurzüberblick)																														
/121/	Hans-Jürgen Voigt, Thomas Wippermann: "Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten"; Band 6 Geochemie	1998	1	Tab. 3.12, 3.13 (S. 145-149)	S. 141																							S. 138						
/122/	HLUG: Handbuch Altlasten: "Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen"	2002	1		S. 36, 37	S. 37			Ü																			S. 40	S. 40			Ü		
/123/	Interstate Technology & Regulatory Council; Diffusion/Passive Sampler Team:"Protocol for Use of Five Passive Samplers to Sample for a Variety of Contaminants in Groundwater"	2007	1																															
/124/	Joe Ritchey: "Low-flow purging and sampling ground water"	2002	1																															
/125/	Klaus Knödel, Gerhard Lange; Hans-Jürgen Voigt: "Environmental Geology" Handbook of Field Methods and Case Studies	2007	1								S. 626 ff		S. 765	D		S. 626 ff						S. 626 ff							S. 626 ff					
/126/	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten; "Anlage 2: Merkblatt für den Probenehmer von Grund-, Roh- und Trinkwasser"	2001	1	S. 33, 34																														
/127/	Landesumweltamt Brandenburg: Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg - Band 8 "Gewinnung von Boden-, Bodenluft-, und Grundwasserproben im Rahmen der Altlastenbearbeitung"	1998	1											D															S. 35					
/128/	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: "Grundwasseruntersuchungen an Altlasten im Lockergestein, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz MALBO 25"	2006	1	Ü (S. 105, 106)						S. S. 76, 77	S. 76-82				S. S. 76, 77	S. 76-82					S. S. 76, 77	S. 76-82												
/129/	LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH: "Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH" Merkblatt	2007	1											S. 29, 33 (BAT)	D																			
/130/	Peter Dietrich: "Hinweise zur Qualitätssicherung bei der Probenahme"		1	Folie 35, 42																								19 (Skizze)	Folie 16					
/131/	Rainer Haas: "Monitoring von Grund- und Oberflächenwasser mit gaiaSAFE-Passivsammlern"	2007																																
/132/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2004; A. Paschke: Beitrag 13 "Zeitgemittelte Erfassung organischer Schadstoffe im Grundwasser mit Passivsammlern aus membran-umhülltem Silikonmaterial"	2004																																
/133/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2004; Dr. H. Weiß: Beitrag 15 "Innovative Methoden der Grundwasserbeprobung"	2004	1			S. 91																												
/134/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2004; E. Hasselwander : Beitrag 14 "Probenahme von Grundwasser bei aufschwimmender Ölphase"	2004	1																								S. 92				Ü			
/135/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2006; C. Nitsche, P. Dietrich und R. Lankau: Beitrag 6 "Grundwasserprobennahme aus Geringleitern"	2006	1			S. 42, 43	S. 47																											
/136/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2006; T. Höpfner: Beitrag 5 "Qualitätssicherung bei der Grundwasserprobennahme"	2006	1	S. 36-38																														
/137/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2008; C. Nitsche; V. Neumann; K.-H. Pokrandt: Beitrag 6 "Grundwasserprobennahme in Gegenwart komplex gebundener Metallionen"	2008	1	S. 1-2										D																				
/138/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2008; Claus Nitsche & Holger Weiß: Beitrag 7 "Qualitätssicherung bei der Probenahme"	2008	1	S. 3-4										D														S. 2 (allg.)						
/139/	Repräsentative Grundwasserprobennahme 2008; Hansjörg Weiß, Innovative Messtechnik Weiss, Tübingen: Beitrag 9 "Einsatz von Passivsammlern bei der Probennahme"	2008																																
/140/	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH: "Merkblatt Grundwasserprobennahme"	2004	1	S. 32, 33										D														S. 11, 12	S. 11			Ü		
/141/	Schlumberger Water Services: "Westbay System; Multilevel Groundwater Monitoring"		1																															
/142/	Solinst: "Solinst CMT Multilevel System"; Model 403 Data Sheet	2002	1																															
/143/	Solinst: "Solinst Waterloo System"; Model 401 Data Sheet		1																															
/144/	Steve Karklins: "Groundwater sampling field manual"	1996	1																															
/145/	Travis von Dessonneck: "Multi-Level Ground-Water Monitoring"																																	
/146/	US Patents 6,481,300 and 6,837,120: "HydraSleeve - A new, passive, no-purge, ground-water sampler for all contaminants"				Folie 13, 14, 17	Folie 15, 16				Folie 5-7, 10	Folie 8, 9																							
/147/	US-EPA - Science and Ecosystem Support Division Athens, Georgia: "Operating procedure - Groundwater sampling"	2007	1	S. 9, 10		S. 20	S. 20		Ü					D																				
/148/	US-EPA - SESD Science and Ecosystem Support Division Athens, Georgia: "Operating procedure - Field sampling quality control"	2008	1																															
/149/	Managers"	2002	1		Anlage 3	S. 9, Tab. 2			D	Anlage 4	S. 6, Tab. 2			D																				
/150/	US-EPA: "Low-flow purging and sampling of groundwater Monitoring wells"	2008	1		S. 3	S. 1			D																									

Abkürzungen: "QS" Qualitätssicherung; "PN" Probennahme; "Fq".....Fehlerquellen
 "D" Detaillierte Informationen vorhanden -> siehe Anlage 2b
 "Ü" überblicksweise Informationen vorhanden -> siehe Anlage 2b

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkt/indirekten Probennahmeverfahren

[illegible]

Abkürzungen: "QS" Qualitätssicherung; "PN" Probennahme; "Fq" Fehlerquellen
 "D" Detaillierte Informationen vorhanden -> siehe Anlage 2b
 "Ü" überblicksweise Informationen vorhanden -> siehe Anlage 2b

Anhang 1.3

Rechercheergebnis Grundwasserprobennahme (QSM)

Themenbezogene Detailübersicht

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren

Grundwasserprobennahme (PN)			aktive Probennahme							passive Probennahme				"Besondere" Probennahmesituationen										
			Pump-Probennahme						Schöpf-Probennahme															
			nicht-stationär			stationär																		
			nicht-tiefenspezifisch (voll verfilzte GWM)	tiefenspezifisch (voll verfilzte GWM oder GWM/ GWM-Systeme mit verschiedenen Filterbereichen)		tiefenspezifisch																		
Auswertung der Literaturrecherche - Themenbezogene Detailübersicht -			low-flow-Pump-PN	"normale" GW- Probennahme	PN aus Mess- stellenbündeln	PN aus Mess- stellengruppen	PN mittels Separations- pumpen	PN mittels (Multi-)Packersystemen	PN mittels Sondermessstellen (Multilevel-Systeme)	Stand national	internationale Innovationen	Diffusionsbasierte PN durch Sorption	Diffusionsbasierte PN durch Konzentrationsausgleich	PN bei vorkommender Phase	PN aus Grundwasser-Geringleitern	PN zur Analyse gelöster Gase und flüchtige Kohlenwasserstoffe	PN für mikrobiologischen Untersuchungen	PN zur Analyse von Spurenstoffen						
Planung	allgemein	Festlegung Beprobungsziele	/17(7), /21(171), /25(620f), /38(1-2), /49(3): Definition der Zielstellung der Probennahme als Grundstein für eine repräsentative Grundwasserprobennahme																					
		Beprobungs- und Analyseplan	/62(3), /64(3), /36(39), /49(4), /50(2): Festlegung eines Beprobungs- und Analyseplans als wesentliche Grundlage für eine qualitätsgerechte Grundwasserprobennahme																					
		Ausbaueunterlagen	/69(75), /23(4), /25(76f), /27(31f), /38(4), /40(19), /49(4), /50(2): vollständige Messstellenakten als wesentliche Grundlage für eine ordnungsgemäße Probennahme																					
		Beprobungsabfolge	/25(76f), /29(30), /48(11f): generelle Reihenfolge: beginnend im Bereich der geringsten Kontamination, endend mit den am höchsten belasteten Bereichen (Vermeidung von Schadstoffverschleppungen) /22(41): gegen Verschleppungen > 1. Probennahme im Oberstrom, 2. Probennahme im Abstrom, 3. Probennahme im Schadstoffs Zentrum /25(76f): bei Phasenvorkommen > erst Kontrolle/Bestimmung und Entfernung der Schadstoffphase, dann Grundwasserprobennahme /69(79), /27(34): Stichtagsmessungen an einem Tag durchführen (bei zu vielen Messstellen an aufeinander folgenden Tagen)																					
	konkret	Ermittlung PN-interval/-häufigkeiten	/49(6): wenn der Zeitraum zur letztmaligen Beprobung > 1Jahr -- sollte eine Brunnenregenerierung in Betracht gezogen werden; /15(14f): statistische Betrachtungen zur Ermittlung der Probennahmehäufigkeit; /14(6), /19(18)																					
		Wahl der Art der PN-Geräte, -behälter	generelle Voraussetzung: steuerbare Förderleistung und geringe Förderaten /50(1f): Vermeidung von Tauch-, Kreis- oder Membranpumpen	nach aktuellem Stand: Empfehlung von Unterwasserpumpen und Membranpumpen; generell Informationen siehe: /62(4), /62(9f), /69(5), /69(51), /69(74f), /10(15f), /15(22-24), /18(10,12), /19(7,8), /21(13f), /41(12), /22(38f), /38(4), /27(31f), /40(10f), /47(16f,24f,27), /48(6f)		Probennahme-Geräte in Abhängigkeit der verwendeten Sondermessstelle (siehe entsprechendes Typenblatt)		Empfehlung druckhaltender Schöpfer in Kombination mit Abpumptechnik /11(14), /29(29), /37(44f): generelle Informationen siehe: /63(9f), /64(2), /10(13f), /19(7), /25(76f), /77f, /29(2f)		Hydrasleeve und Snap-Sampler (ohne vorheriges Abpumpen) /23(26-54)	/23(12-26): GORE-Sorber /29(2f): Keramikdosimeter	/23(55-88): Regenerated Cellulose Dialysis Membrane Sampler, Rigid Porous Polyethylene Sampler /13(1-14), /39(38), /49(7): Passive Diffusion Bag Sampler	/22(40), /34(82f), /38(8), /50(2): Beprobung durch Schutzverrohrung oder Abschöpfen der Phase vor Probennahme (Rohrschöpfer, Schwingkloß) oder Beprobung mittels Schichtenheber; /69(18): bei Konzentrationen nahe Sättigungsgrenze > Schöpfprobe vor Pumpprobennahme	/25(76f), /29(32), /37(4-5), /44(13f) /49(8f, 9): (Tauch)Pumpen mit einstellbarer Förderleistung <= 1l/min oder Schöpfer, die tiefenorientierte Beprobung ermöglichen (z.B. RUTTHNER-Schöpfer, Schöpfer mit Fußventil) /49(9): wenn die Entnahmemenge gering genug ist und Parameter nicht drucksensitiv sind > alternativ Verwendung von Peristaltikpumpen	nach aktuellem Stand: Empfehlung Spezialprobennahmer (BAT-System) /65(18), /38(8f) /15(28): Geräte, die Probennahme nach Wasser- und nicht nach Luftverdrängung gestalten /27(25), /38(8), /47(11): Abfüllen in Headspace-Gläser mit Septum	siehe: /17(11) /15(26): Verweise auf verschiedene Normen	/47(27): Verwendung von Pumpen nur unter speziellen Reinigungsvorgaben							
			Wahl der Materialien der PN-Geräte, -behälter	generelle Ansprüche an PN-Materialien: Wahl der Materialien in Abhängigkeit der Beprobungsziele; chemisch/biologisch inert; Minimierung von Sorptions-/ Extraktionseffekten /14(3), /40(18): möglichst kurze Schläuche (Sorptionseffekte) - kein Gummi, Silikon oder Weich-PVC; Steigleitungen aus Teflon, Hart-PVC sind Schlauchsystemen vorzuziehen /61(4), /69(5), /21(142), /22(41): Verwendung von Kunststoff- oder Bleischießleitungen /25(76f), /40(18): Faustregel -- Probennahme organischer Verbindungen - Verwendung von Glasflaschen; Probennahme anorganischer Verbindungen - Verwendung von Kunststoffflaschen detaillierte Übersichten zur Wahl der PN-Materialien: /16 (Tab. 1, 3, 4), /19(20), /40 (Tab. 2, Anlage 3) /19(17): Verweis auf DVGW-Mitteilungen, Heft 20, 1990 - siehe "Sonderprobennahmen" generell Informationen siehe: /61(4), /69(4), /69(5), /69(5, 17), /69(6), /69(6, 17), /69(6), /69(																				

Erläuterung:
"/38(4)" /38/ Verweis auf die laufende Nummerierung entsprechend Literaturverzeichnis, siehe Anhang 1.1 und (4) Verweis auf die Seitenangabe in der entsprechende Veröffentlichung
"GWM" Grundwassermessstellen

Anhang 2

Rechercheergebnis Bodenwasserprobennahme (QSM)

Anhang 2.1

Rechercheergebnis
Bodenwasserprobennahme (QSM)

Sachstandsrecherche

Sachstandsrecherche: Bodensickerwasserprobennahme

1	VERFAHRENSGRUNDLAGE	3
2	ANWENDUNGSGEBIETE	3
3	TECHNISCHE AUSRÜSTUNG.....	3
3.1	Allgemeine Geräteangaben	3
3.1.1	Kerzenkörper.....	4
3.1.2	Saugschläuche.....	4
3.1.3	Probensammelbehälter	4
3.1.4	Druck gesteuerte Probennahme	5
3.2	Materialklassen.....	7
3.3	Probennahmesysteme	10
3.3.1	Ein-Kammer-Saugkerzen.....	10
3.3.2	Zwei-Kammer-Saugkerzen	11
3.3.3	Sonderverfahren	12
3.4	Einbauvarianten.....	18
4	INSTALLATION UND BETRIEBSAUFNAHME VON SAUGSONDENSYSTEMEN.....	20
4.1	Planung	20
4.1.1	Kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme	20
4.2	Aufschlussverfahren.....	24
4.3	Bohrlochgeometrie.....	24
4.4	Einschlämmen und Abdichtung (ASTM D 4696-92).....	24
4.4.1	ASTM D 4696-92	24
4.4.2	Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring (LMBV, 2007)	25
4.5	Einbautiefe	25
4.6	Betriebsaufnahme	26
4.7	Auswahl der Betriebsart	26

4.8	Qualitätssicherung	27
5	ANWENDUNGSGRENZEN	27
6	ERFORDERLICHE BZW. ZWECKMÄßIGE VERFAHRENSKOMBINATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT DER ZIELSTELLUNG	29
7	FEHLERQUELLEN.....	30
7.1	Systembedingte Fehlerquellen	30
7.2	Handhabungsbedingte Fehlerquellen	31
8	QUALITÄTSKONTROLLE	32
8.1	Vorbereitung der Saugsonden vor dem Einbau.....	32
8.2	Prüfung der Tauglichkeit vor dem Einsatz	33
8.2.1	Äußere Zustandsüberprüfung	33
8.2.2	Innere Zustandsüberprüfung.....	33
8.2.3	Dichtheitstest (LD-Test)	33
8.2.4	Reinigungsverfahren nach DVWK-Merkblatt 217	33
8.2.5	Reinigungsverfahren nach ASTM D 4696-92	33
8.2.6	Eigene Anmerkungen.....	34
8.3	Behandlung von Bodenwasserproben.....	34
8.3.1	LMBV-Merkblatt (2007)	34
8.3.2	DVWK-Merkblatt 217	35
8.3.3	Luftdurchtrittspunkt.....	35
8.4	Beispiele zur Protokollierung der Ergebnisse	35
9	EMPFEHLUNGEN AUS EIGENEN FORSCHUNGSARBEITEN.....	38
10	LITERATUR.....	40

1 Verfahrensgrundlage

Die Funktionsweise von Saugsonden beruht auf der Kapillarität poröser Feststoffe. Die engen Poren des Kerzenmaterials sind aufgrund ihrer hohen Kapillarspannung ständig wassererfüllt. Mittels eines angelegten Unterdruckes in der Saugsonde wird ein Druckgradient zwischen dem Porensystem des Bodens und dem porösen Kerzenteil des Probenehmers erzeugt und eine Gewinnung von Sicker-, teilweise auch Haftwasser möglich.

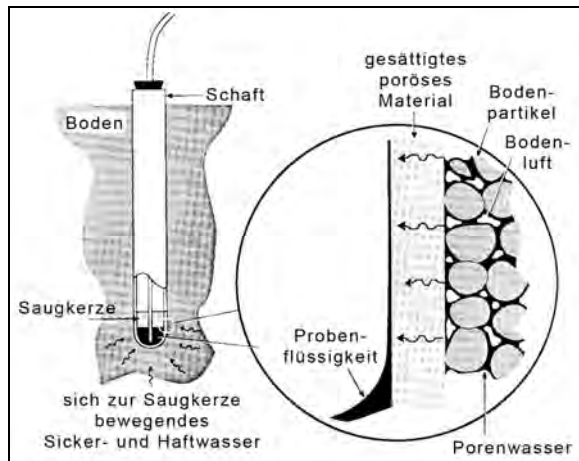


Abb. 1.1: Funktionsprinzip einer Saugsonde (ASTM 2000)

Voraussetzung hierfür ist, dass die Poren des Kerzenmaterials denen des Bodens anzupassen sind, um eine Wassersättigung des Kerzenmaterials trotz hoher Saugspannungen zu gewährleisten. Eine wichtige Kenngröße der Saugsondenanwendung ist der Lufteintrittspunkt. Er bestimmt den Druck, der die Kapillarkraft der größten Pore übersteigt, so dass sie sich entleert und mit Luft füllt.

Die Saugsonde verliert somit ihre Wasseranbindung an den Bodenkörper und eine Förderung von Bodenwassers ist nicht mehr möglich. Der angelegte Unterdruck muss deshalb stets unterhalb des Lufteintrittspunktes liegen.

2 Anwendungsgebiete

Der Einsatz von Saugsonden ermöglicht eine punktbezogene, wiederholbare Entnahme von Bodenwasserproben und dient der Ermittlung mobiler Stoffgehalte von Böden im Rahmen einer Sickerwasserprognose nach Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

Saugsonden werden gleichfalls zur Aufnahme einmaliger Ist-Zustände bzw. zur Dokumentation der zeitlichen Entwicklung der Bodenwasserbeschaffenheit eingesetzt.

Die Verwendung von Saugsonden ermöglicht eine weitestgehend zerstörungsfreie und wiederholbare in situ-Beprobung des Bodenwassers am Untersuchungsort.

3 Technische Ausrüstung

3.1 Allgemeine Geräteangaben

Eine Saugsondenanlage besteht aus einem Kerzenkörper aus porösem Material, einem Schaft (aus Acrylglas, Kunststoff oder Edelstahl), einem Stopfen zum Verschließen (aus Gummi, Neopren oder Polytetrafluorethylen (PTFE)), einem Probensammelbehälter, einer Unterdruckapparatur (bei einigen Verfahren in Kombination mit Überdruck) und Saugschläu-

chen bzw. Verbindungselementen. Die Auswahl der Materialien ist dabei abhängig von den Anforderungen an die chemische Beständigkeit und die Belastung beim Einbau sowie vom Spektrum der zu erwartenden Schadstoffe. Die Saugsonde kann an den Schaft geklebt, geschweißt oder über ein Gewinde angeschraubt sein.

3.1.1 Kerzenkörper

Hydrophile Kerzenkörper (Keramik mit verschiedenen Al_2O_3 -Gehalten) sind in verschiedenen Porendurchmessern und demzufolge mit unterschiedlichen Lufteintrittspunkten verfügbar, sodass große Unterdruckbereiche anwendbar sind. Empfohlen werden vor allem high flow Keramikkerzen mit einer dünnen Wandung und vergleichbar sehr guter hydraulischer Durchlässigkeit und geringen Speichereigenschaften. Aufgrund der hohen Ladungsdichte des Feststoffes ist der Kerzenkörper gut benetzbar, gleichzeitig zeigt er jedoch in Abhängigkeit der Wandungsstärke und des pH-Wertes eine hohe Austauschkapazität infolge von Ad- und Desorptionsprozessen auf. Zudem kann eine signifikante Aluminiumabgabe an die Bodenlösung auftreten und beim Einbau muss besonders Vorsicht geboten werden, damit das Material nicht bricht.

Hydrophobe Kerzenkörper (Glas, Kunststoffe, Edelstahl) sind durch ihre geringe Ladungsdichte schwer benetzbar und besitzen eine geringe Austauschkapazität. Für die Probenförderung sind aufgrund der schwereren Benetzbarkeit weite Porendurchmesser notwendig, die wiederum einen niedrigen Lufteintrittspunkt vorweisen. Gleichfalls muss zur Wassersättigung der Poren bereits Unterdruck angewendet werden. Der Unterdruck darf jedoch aufgrund des niedrigen Lufteintrittspunktes nur gering sein. Zur Herstellung eines hydraulischen Kontaktes zwischen Boden und Kerze dient bei Kunststoffkerzen eine Schutzhülle aus grobporigem Material, welche sich beim Einschlämmen mit Feinboden zusetzt.

3.1.2 Saugschläuche

Ad- und Desorptionsprozesse treten auch an Schlauchmaterialien auf. Genaue Untersuchungen von Bodenwasserprobennahmen liegen nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, dass z.B. PTFE-Materialien sehr geringe Wechselwirkungen mit der Bodenlösung aufweisen. Demgegenüber ist jedoch auf die relativ große Gasdiffusionsrate bei diesem Material zu beachten, die einen Einfluss auf die Sickerwasserprobe haben kann. Dementsprechend sollte die Länge der Schläuche so kurz wie möglich sein, um dadurch auch ein möglichst geringes Totvolumen, eine zeitnahe Probenförderung und einen geringen Rückfluss aus der Kerze bei steigenden Saugspannungen des Bodens zu gewährleisten. Der übliche Innendurchmesser von Saugschläuchen beträgt zwischen 1,6 und 3 mm.

3.1.3 Probensammelbehälter

Probensammelbehälter dienen der Sammlung und dem Transport des Bodenwassers. Es kann hierbei zwischen Sammelflaschen und der Sammlung des Bodenwassers im Schaft der Saugsonde unterschieden werden.

An eine Flasche können mehrere Saugsonden gleichzeitig angeschlossen werden. Flaschen aus Glas sollten gegen Implosionsgefahr geschützt sein, hierzu sind Kunststoffummantelun-

gen erhältlich. Gefäße aus PP, PE und PA eignen sich nicht für die Anwendung im Vakuumbetrieb. Das Flaschenvolumen sollte mindestens das Dreifache des Probenvolumens betragen.

Die Bodenwassersammlung im Schaft eignet sich für die Probennahme in großen Tiefen (ca. 6 m), falls

- a) angelegte Unterdrücke zur Förderung an die Oberfläche nicht mehr ausreichen,
- b) wenn die Lösung bei Bodentemperatur gelagert werden soll,
- c) wenn methodisch bedingte Unterdrücke minimiert werden sollen, um eine Änderung des Bodenwassermilieus entgegen zu wirken.

Die Entnahme der Bodenlösung erfolgt zum gegebenen Zeitpunkt durch Absaugen oder Förderung aus dem Sammelgefäß mittels Überdruck.

3.1.4 Druck gesteuerte Probennahme

Die Größe des anzulegenden Unterdrucks ist bestimmt durch die Bodenart, die Probenmenge, den aktuellen Wassergehalt und die Ansaugzeit. Während eines kontinuierlichen Betriebes sollte der Unterdruck rund 0,1 – 0,2 bar größer sein als die Saugspannung im Boden. Beim diskontinuierlichen Betrieb wird ein Unterdruck zwischen 0,3 und 0,7 bar vorgeschlagen, um die erforderliche Wassermenge kurzfristig absaugen zu können (DVWK 1990). Bei Untersuchungsreihen sollte der Unterdruck möglichst konstant gehalten werden. Siehe hierzu auch Kapitel 4.1.1.

In Abhängigkeit der aufzuwendenden Kosten kann der Unterdruck wie folgt gesteuert werden (LUA 2004):

Probensammlung mit automatischer Pumpensteuerung

Die Saugsonden in einem Horizont sind über Sammelflaschen an einen Unterdruckschalter angeschlossen, der bei Bedarf eine Vakuumpumpe zuschaltet. Der Unterdruck bleibt über den Probennahmezeitraum hinweg konstant und wird manuell vorgegeben. Bei starken Niederschlägen ist eine schnelle Füllung der Sammelflaschen möglich. Eine Optimierung der Anlage kann durch einen manuellen oder elektronischen Vakuumregler und einen Schwimmerschalter erreicht werden. Der Nachteil der Regelung ergibt sich aus einer häufigen Probennahme und dem Entstehen bestimmter Fließwege im Boden durch das permanente Druckgefälle.

Probensammlung mit tensionsgesteuerter Vakuumanlage

Zusätzlich zu den Saugsonden werden Tensiometer installiert, die eine Nachregelung des Unterdrucks je nach gemessener Wasserspannung ermöglichen. Dies gestattet eine zielgerichtete Probennahme, jedoch ist diese kombinierte Anlage energieintensiv und teuer. Zudem muss darauf geachtet werden, dass das Steuertensiometer außerhalb des Einflussbe-

reiches der Saugsonde liegt, um Rückkopplungen zu vermeiden. Siehe hierzu auch Kapitel 4.1.1.

Niederschlagsgetriggerte Probennahme

Nach einer vorgegebenen Niederschlagsmenge wird im Anschluss an eine bestimmte Wartezeit t eine Probennahme ausgelöst. Dabei erfolgt die Förderung des Bodenwassers mit hohem Unterdruck, bis eine bestimmte Wassermenge (ca. 30 ml) erreicht ist. Die Pumpe schaltet sich daraufhin ab und das Bodenwasser wird im Schaft gespeichert. Das Verfahren wirkt sich aufgrund der kurzen Probennahmezeit nur geringfügig auf den Bodenwasserhaushalt aus, ist jedoch relativ teuer, energieintensiv und liefert lediglich geringe Probemengen.

Ungeregelt fallender Unterdruck

Dieses Verfahren sollte nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig sein. Es wird hierbei einmalig ein Unterdruck angelegt, welcher mit zunehmendem Probenvolumen abnimmt, bis ein Gleichgewicht mit der Saugspannung des Bodens erreicht ist. Die Saugsondenanlage muss regelmäßig beprobt werden (betreuungsintensiv), ist aber gleichfalls einfach zu installieren, kostengünstig und unabhängig von externer Energieversorgung. Der Unterdruckverlauf und das Beprobungsintervall sind jedoch von vielen Faktoren, z.B. Leckagen, abhängig.

3.2 Materialklassen

In der folgenden Tabelle sind ausgewählte Kerzenkörper unterschiedlichen Materials aufgeführt, wie sie derzeit auf dem Markt angeboten werden.

Tab. 3.1: Kerzenkörper (Würck 2007)

Typenbezeichnung	Material	Händler bzw. Hersteller
SG 	Glas (SiO_2)	Ecotech GmbH Bonn
P80 	Keramik (Al_2O_3)	CeramTec AG
PTFE/Quarz 	Kunststoff (PTFE, SiO_2)	Prenart Equipment ApS
SIC20 	Siliziumkarbid (SiC)	UMS GmbH München
V4A 	Edelstahl (Cr-Ni-Mo)	UP GmbH Cottbus

Die Kerzentypen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Materials, Größe und physikalischen Parameter (vgl. Tab. 3.2). Für Vergleichsmessungen sollten Kerzen mit einheitlicher Porenweite ($0,45\ \mu\text{m}$) genutzt werden, eine Filtration der gewonnenen Bodenlösung entfällt somit. Jedoch ist die Porenweite vom Untersuchungsziel abhängig (Austauschprozesse). Es existiert jedoch kein Kerzenmaterial, welches für alle Fragestellungen und Stoffgruppen gleichermaßen geeignet ist. Die Auswahl des Werkstoffes wird so von der Aufgabenstellung bestimmt.

Tab. 3.2: Allgemeine Angaben der Kerzenkörper (Würck 2007)

	Keramik	Edelstahl	Glas	Silizium- karbid	Kunststoff
Anzahl der verfügbaren Saugkerzen	4	3	4 ¹⁾	2	2
Form des Saugkörpers	Hohlzylinder + Halbkugel- spitze	Hohlzylinder + Halbkugel- spitze	Konus + Halbkugel- spitze	Hohlzylinder + Halbkugel- spitze	Hohlzylinder
Länge (cm)	4,3	5,5	4,9	5,0	5,2
Durchmesser (cm)	2,0	2,0	1,9	2,0	2,1
Äußere Oberfläche (cm ²)	35	40	29	37	34
Trockenmasse des po- rösen Saugkörpers (g)	17	88	12	22	17
Porung (Herstelleran- gaben) (µm) ²⁾	1,0	0,5	1,0	-	2,0
Schlauchmaterial	PTFE	Edelstahl	PTFE	PE	PTFE
Schlauchlänge (cm)	95	265	95	95	95
Schlauchinnendurch- messer (cm)	0,16	0,2	0,16	0,16	0,16

¹⁾ zwei Chargen gleicher Bauart zu je zwei Stück

²⁾ Berechnung aus Luftdurchtrittspunkt

In Tab. 3.3 sind für jedes gängige Kerzenmaterial die geeigneten Stoffgruppen, weniger und nicht geeignete Stoffgruppen, sowie Hinweise und allgemeine Bemerkungen aufgeführt.

Bei der Literaturrecherche zeigte sich, dass die Eignung von Saugsonden bei der Beprobung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) abhängig vom pH-Wert und den Eigenschaften des Wirkstoffes (geringere Adsorption bei höherer Wasserlöslichkeit) ist. Die Sorption von PAK an Kerzen steigt mit zunehmender Molekülgröße an, bei geringen Durchflussraten bzw. einer langen Probennahmezeit ist zudem ein mikrobieller Abbau nicht auszuschließen. Der Einsatz von Saugsonden für MKW ergibt an allen Kerzenmaterialien aufgrund starker Filtration und Adsorption hohe Minderbefunde.

Tab. 3.3: Eignung von Kerzenmaterialien für die Probennahme (BERGER/KALBE 2004, LUA 2004)

Kerzenmaterial	geeignet für	bedingt geeignet für	Hinweise	allgemeine Bemerkungen
Keramik (Al ₂ O ₃)	Nitrat, Nitrit, Bromid, Sulfat, Natrium	Phosphat, Ammonium, Mangan, Magnesium, Schwermetalle (SM), PAK (> 1 mg/l, 2-4-Ring) Nitroaromaten	PO ₄ ³⁻ : vorherige Säurespülung erhöht Adsorption, SM: starke Adsorption bei pH 4-6 und 8, Nitroaromaten: Adsorption geringer nach 1 l Durchfluss	Vorherige Konditionierung (Säurespülung) und Absättigung der Sorptionsplätze notwendig, DOC nur nach Vorbehandlung beproben
Nickel-Sinter		Natrium, Kalium, Calcium, org. Stoffe		kaum mehr angewendet, große Differenzen in Porenraumverteilung, Abgabe von Nickel in Bodenlösung führt zur Verstopfung und pH-Verfälschung
Glas (Borosilikat)	org. Stoffe (PSM, DOC), Nitrat, Chlorid, Bromid, Sulfat, Phosphat, Natrium	Schwermetalle, LHKW, PAK (> 1 mg/l, 2-4-Ring), Nitroaromaten	Nitroaromaten: Adsorption geringer nach 1 l Durchfluss	
Prenart (Edelstahl, Quarz, Teflon)	Nitrat, Chlorid, Bromid, Sulfat, Natrium, Phosphat, Schwermetalle, DOC			
Edelstahl	Nitrat, Chlorid, Bromid, Sulfat, Natrium, Phosphat, PSM, org. Stoffe	Schwermetalle, PAK (> 1 mg/l, 2-4-Ring)		
Teflon/ Kunststoffe	Arsen, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Bromid, Sulfat, Natrium, Phosphat, Ammonium	Nitroaromaten, DOC, SM PAK, PCB, BTEX, PSM	Nitroaromaten: Adsorption geringer nach 1 l Durchfluss, DOC: Freisetzung org. Kohlenstoffs aus Kerze möglich SM: pH abhängig	Voraussetzung: Einbau der Kerze mit Quarzmehl zur hydraulischen Anbindung an den Boden
Siliciumkarbid		BTEX		

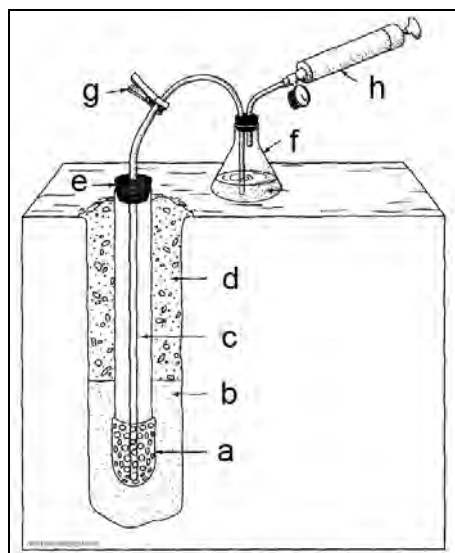
3.3 Probennahmesysteme

3.3.1 Ein-Kammer-Saugkerzen

Ein-Kammer-Saugkerzen mit gleichzeitiger Probenförderung

Die Förderung des Bodenwassers erfolgt anschließend an die Perkolation der Lösung durch die Kerzenwand über den Kerzenschaft in den externen Sammelbehälter. Zur Gewinnung von Bodenlösung wird dabei ein Unterdruck durch eine Handpumpe oder einen Unterdruckbehälter erzeugt. Die Entnahmetiefe ist bei diesem Verfahren durch den angelegten Unterdruck vom Dampfdruck des Bodenwassers (Verflüchtigung von Inhaltsstoffen vermeiden) und dem Förderdruck der Pumpe abhängig.

In der Literatur finden sich Angaben zur Entnahmetiefe bei Teflonkerzen bis 1 m, Edelstahlkerzen bis 1,5 m und Keramik- sowie Siliciumkarbidkerzen bis 2 m.



Legende:

- a Kerzenkörper
- b Quarzmehl
- c Schaft
- d Bohrgut
- e Stopfen
- f luftdichter Probensammler
- g Schlauchklemme
- h Vakuumpumpe

Abbildung 3.1: Ein-Kammer-Saugsonde mit gleichzeitiger Probenförderung (LUA, 2004)

Ein-Kammer-Saugkerzen mit Sammlung im Schaft und anschließender Probennahme

Die durch Unterdruck angesaugte Bodenlösung wird in der Kerze und im Schaft gesammelt. Im Anschluss daran erfolgt die Förderung des Bodenwassers mit Hilfe von Überdruck (Luft oder Stickstoff) in das externe Sammelgefäß, wobei die Kerze als Rückschlagventil dient. Die Entnahmetiefe richtet sich nach dem Lufteintrittspunkt und der Förderhöhe der Pumpe. In der Literatur finden sich dazu Angaben für Teflonkerzen bis 1 m, Edelstahlkerzen bis 3 m und Keramikkerzen bis 15 m.

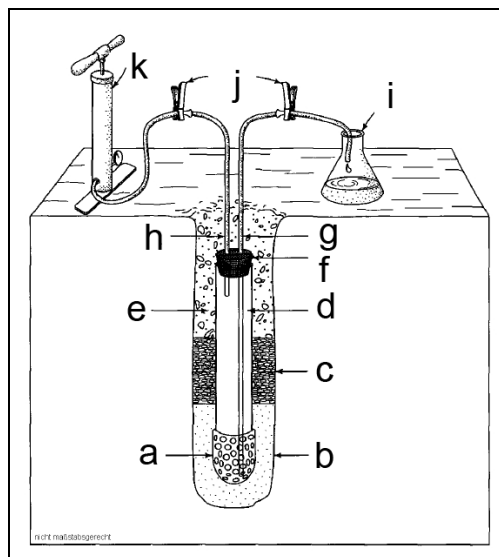


Abbildung 3.2: Ein-Kammer-Saugsonde mit Sammlung im Schaft und anschließender Probennahme (LUA, 2004)

Legende:

- a Kerzenkörper
- b Quarzmehl
- c Bentonit-Granulat
- d Schaft
- e Bohrgut
- f Stopfen
- g Probenförderleitung
- h Überdruck-/Unterdruckleitung
- i Sammelgefäß
- j Schlauchklemmen
- k Überdruck-/Vakuumpumpe

3.3.2 Zwei-Kammer-Saugkerzen

Bei dieser Bauform sind Kerze und Schaft getrennt ausgebildet. Der Schaft besteht wiederum aus zwei Kammern, die durch ein Ventil unterteilt werden. Die Probennahme der Bodenlösung erfolgt durch Unterdruck, wobei die einströmende Bodenlösung das Ventil passieren und sich im Schaft anreichern kann.

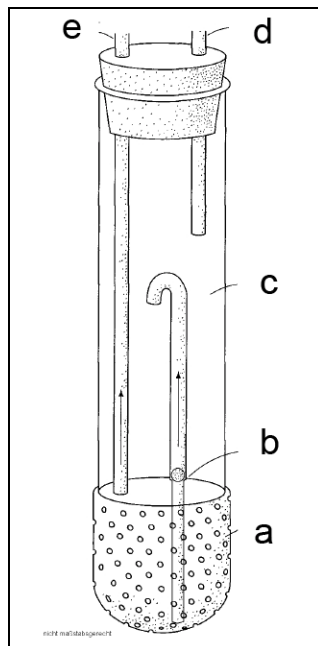


Abbildung 3.3: Zwei-Kammer-Saugsonde (LUA 2004)

Legende:

- a Kerzenkörper
- b Ventil
- c Schaft mit Probensammelkammer
- d Unterdruck-/Überdruckleitung
- e Probenförderleitung

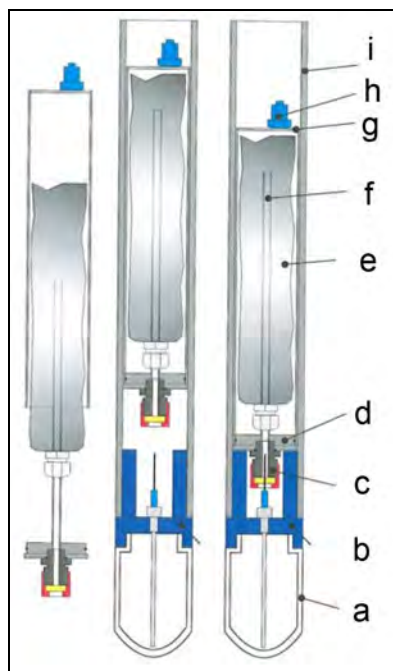
Bei angelegtem Überdruck schließt sich das Ventil und die Lösung gelangt über eine Steigleitung in die Sammelflasche. Die Einbautiefe der Saugsonde ist begrenzt durch den Betriebsdruck. Das Ventil im Schaft schützt die gesammelte Bodenwasserprobe vor dem Zurückfließen durch erhöhte Saugspannungen im Boden.

3.3.3 Sonderverfahren

Probennahme mittels Shuttleprinzip (gasdichtes System)¹

Zur Probennahme wird in das Schutzrohr ein Shuttle mit dem Probennahmebeutel eingeführt und bis zum Anschluss der Kanüle (d) abgelassen. Die Nadel durchstößt das Septum, wodurch eine Verbindung zwischen der Saugkerze und dem Probennahmebeutel hergestellt ist. Durch Anlegen eines Unterdrucks an das Shuttle erfolgt die Bodenwasserentnahme.

Die Sammlung in einem gasdichten Beutel ermöglicht eine kapillardruckgesteuerte Entnahme ohne Verlust leichtflüchtiger Inhaltsstoffe und Gase. Die Bodenwasserprobe kann im Shuttle dem Labor übergeben werden.



Legende:

- a Saugkörper
- b Adapter für Kerze und Anschluss für Kanüle
- c Verschraubung mit Septum
- d Verschluss mit Bajonettenverschraubung
- e Perkolationsbeutel
- f Steigrohr
- g Shuttle
- h Vakuumanschluss
- i Schutzrohr

Abbildung 3.4: Bodenwasserprobennahmesystem zur gasdichten Probennahme

¹ Sickerwasserprobennahmesystem BGD GmbH/UGT GmbH

Internationale Probennahmeverfahren

In der amerikanischen Literatur finden sich neben den bereits erwähnten Saugsondentypen eine Vielzahl abgeänderter Formen und neuer Typen (ASTM 2000).

1. Probennehmer aus Fasern:

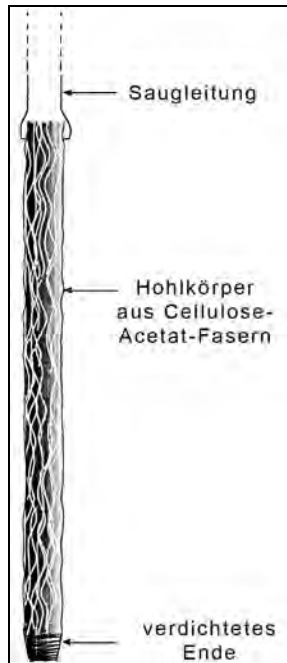


Abb. 3.1: Hohlkörper (JACKSON et al.) (ASTM 2000)

JACKSON et al. entwickelten einen Probennehmer, der aus einem Hohlkörper aus Cellulose-Acetat-Fasern, welche am Ende verdichtet sind, besteht. Die Saugleitung ist am oberen Ende der Fasern angebracht. Eine Weiterentwicklung ist bei LEVIN und JACKSON zu finden, die Polymerfasern verwendeten. Ein Kritikpunkt an der Bauausführung sind die sehr dünnen und zerbrechlichen Fasern.

Dazu installierten SILKWORTH und GRIGAL den Probennehmer in perforierte PVC Rohre, welche mit flüssigem Bodenmaterial gefüllt worden. An diese Apparatur kann laut Autor ein konstanter Druck von 0,81 bar angelegt, wodurch eine Probennahme in schluffigen Lehmen mit Feuchten zwischen 20 – 50 % möglich ist. (ASTM 2000)

2. Probennehmer mit Membranfilter:

Der Membranfilter besteht aus Polycarbonat, Celluloseacetat, Cellulosenitrat, oder PTFE und ist in einem Filterhalter montiert, der auf dem Glasfaserfilter sitzt. Der Glasfaserfilter befindet sich auf zwei oder drei Glasfaserdochten, die wiederum auf einem Glasfasersammler montiert sind. Der Glasfasersammler hat Bodenkontakt und erhöht die Probennahmereichweite des Filters. Die Saugleitung reicht vom Filterhalter zur Oberfläche. Die Bodenlösung gelangt in den Sammler durch dessen Kapillarkräfte, der Transport der Lösung erfolgt im Anschluss durch Ansaugen aus dem Sammler in den Filter und von dort aus zur Oberfläche. Der Glasfaserfilter filtert Feinmaterial heraus und bewahrt so, dass Zusetzen des Membranfilters (ASTM 2000).

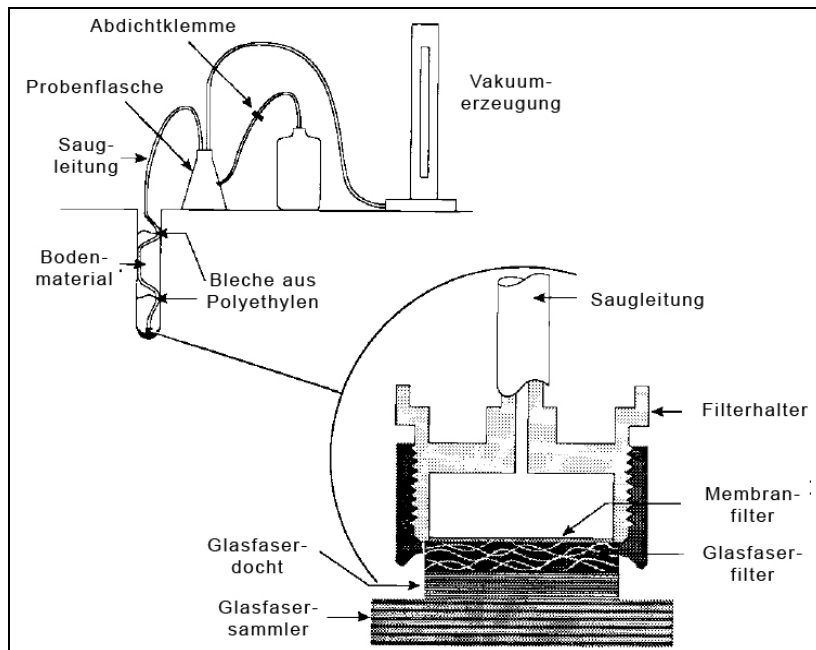


Abb. 3.2: Probennehmer mit Membranfilter (ASTM 2000)

3. Probennehmer mit Vakuumplatte:

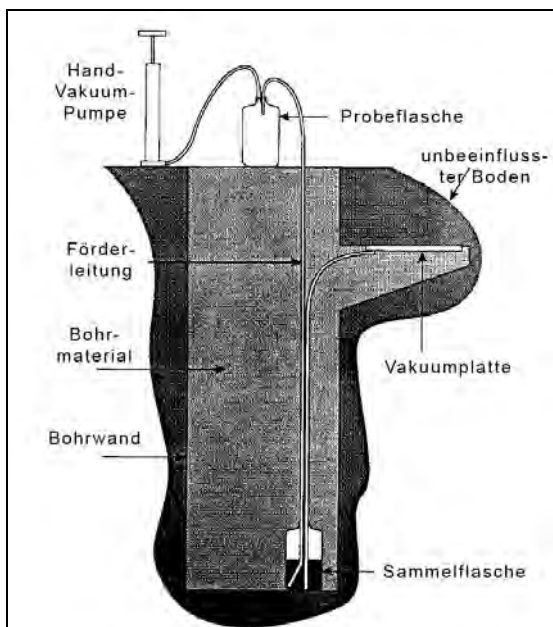
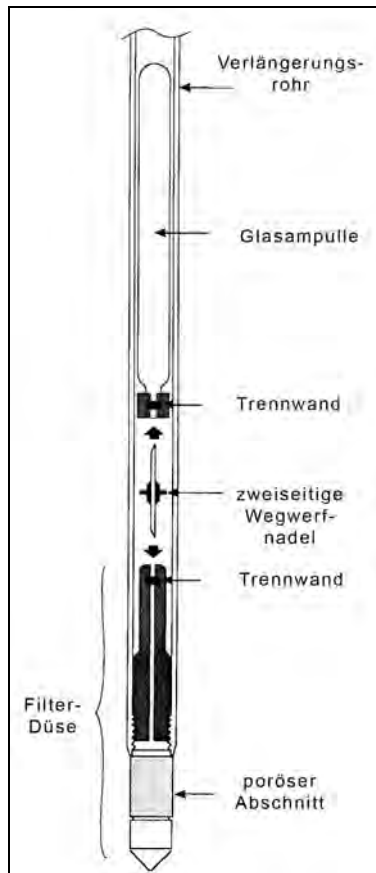


Abb. 3.3: Probennehmer mit Vakuumplatte (ASTM 2000)

Die Vakuumplatte besteht aus einer flachen, porösen Scheibe, die an eine Saugleitung angeschlossen wird. Das Material der Scheibe kann Edelstahl, Keramik oder Fritteglass sein. Die Vakuumplatte wird in einen seitlichen Hohlraum der Bohrlochwand an die Decke angebracht (ASTM 2000). Zur Anbringung nutzt man Druckmembranen oder verborgene Rohre, für die Verbesserung des hydraulischen Kontakts findet Quarzmehl Einsatz. Der Vorteil der Apparatur besteht in der großen Kontaktfläche, sodass ein großes Probenvolumen in kurzer Zeit gewonnen werden kann (ASTM 2000).

4. Probennehmer mit Filterdüse:



Diese Apparatur ist zweiteilig und besteht aus einer permanent installierten Filterdüse sowie einer entnehmbaren Glasampulle. Die Düse enthält ein poröses Segment und eine Trennwand. Sie ist auf Verlängerungsrohre aufgeschraubt, die bis zur Oberfläche reichen. Bei einer Probennahme wird eine neue Glasampulle auf einen Adapter aufgesetzt, der eine zweiseitige Wegwerfnadel enthält. Die beiden Trennwände des Probennehmers werden durchstoßen und die Flüssigkeit kann durch den anliegenden Unterdruck in der Glasampulle eintreten. Der Unterdruck nimmt mit steigendem Probenvolumen (maximal 35 ml) bis zum Druckausgleich ab (ASTM 2000).

Abb. 3.4: Probennehmer mit Filterdüse (ASTM 2000)

5. Druck-Unterdruck-Probennnehmer:

Die ASTM D 4696-92 weist darauf hin, dass bei Saugsonden, die das Bodenwasser mit Überdruck fördern, oft Verluste der Bodenwasserprobe auftreten. Die folgend dargestellten Apparaturen wurden entwickelt, um diese Verluste zu minimieren.

Apparatur nach MORRISON und TSAI

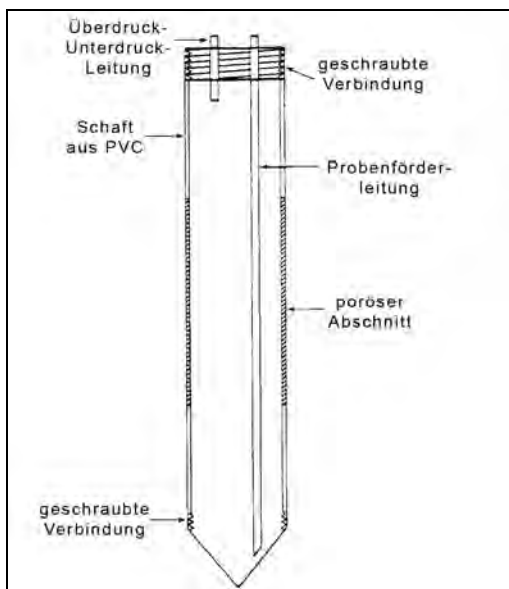


Abb. 3.5: Druck-Unterdruck-Apparatur mit seitlicher Probennahme (ASTM 2000)

Apparatur nach NIGHTINGALE et al.

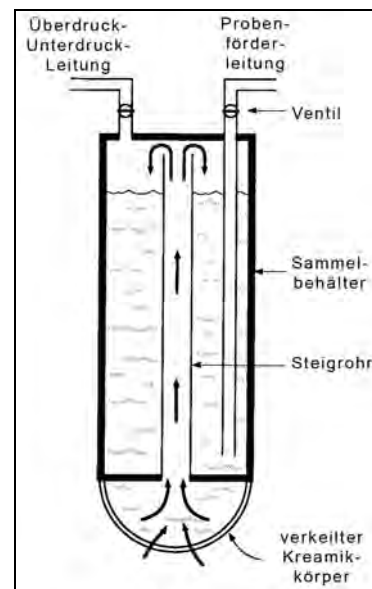


Abb. 3.6: Druck-Unterdruck-Apparatur mit zusätzlicher Sammelkammer (ASTM 2000)

Apparatur nach KNIGHTON und STREBLOW

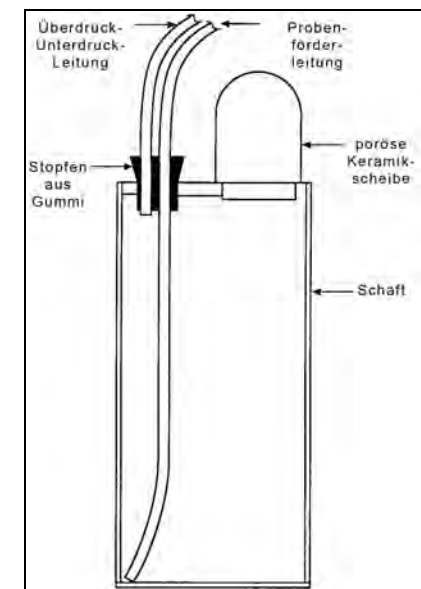


Abb. 3.7: Druck-Unterdruck-Apparatur mit poröser Scheibe (ASTM 2000)

Dabei handelt es sich um Probennnehmer mit einem porösen Segment seitlich am Schaft, einem Probennnehmer mit Sammelkammer und einem Probennnehmer mit poröser Scheibe oberhalb des Schaftes, die einen Durchmesser von 7,6 bis 12,7 cm aufweist.

Zusammenstellung der Betriebsdaten

In folgender Tabelle sind die eingesetzten Materialien, Saugspannungsbereiche und Probennahmetiefen der amerikanischen Geräte zusammengefasst.

Tab. 3.4: Zusammenstellung der Betriebsdaten (ASTM 2000)

Typ	Kerzenmaterial	max. Porengröße [µm]	Luft Eintrittspunkt [cbar]	Saugspannungs- bereich [cbar]	max. Einbautiefe [m]
Unterdruck-Saugkerzen	Keramik	1,2 – 3,0 ^{A(1)}	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	PTFE	15 – 30 ^{A(2)}	10 - 21	< 10 – 21	< 7,5
	Edelstahl	n.a. ^B	49 - 5	49 – 5	< 7,5
Druck-Unterdruck-Saugkerzen	Keramik	1,2 – 3,0 ^{A(1)}	> 100	< 60 – 80	< 15
	PTFE	15 – 30 ^{A(2)}	10 - 21	< 10 – 21	< 15
Hochdruck-Unterdruck-Saugkerzen	Keramik	1,2 – 3,0 ^{A(1)}	> 100	< 60 – 80	< 91
	PTFE	15 – 30 ^{A(2)}	10 - 21	< 10 – 21	< 91
Probenehmer mit Filterdüse	Polyethylen	n.a. ^B	n.a. ^B	n.a. ^B	keine
	Keramik	2 – 3 ^{A(1)}	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	Edelstahl	n.a. ^B	n.a. ^B	n.a. ^B	keine
Probenehmer aus Cellulose-Acetate-Fasern	Cellulose	< 2,8	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	Acetat				
	nicht cellulosehaltig				
Probenehmer mit Membranfilter	Polymere	< 2,8	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	Cellulose	< 2,8	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	Acetat				
Probenehmer mit Vakuumplatte	PTFE	2 – 5	n.a. ^B	n.a. ^B	< 7,5
	Alundum	n.a. ^B	n.a. ^B	n.a. ^B	< 7,5
	Keramik	1,2 – 3,0	> 100	< 60 – 80	< 7,5
	Fritteglas	4 – 5,5	n.a. ^B	n.a. ^B	< 7,5
	Edelstahl	n.a. ^B	49 - 5	49 - 5	< 7,5

Legende:

A(1): Porengröße gemessen durch Lufttrittspunkt

A(2): Porengröße gemessen durch Eindringen von Quecksilber

B: Information nicht verfügbar

3.4 Einbauvarianten

Saugsondenanlagen können generell in drei Varianten installiert werden:

horizontaler Einbau:

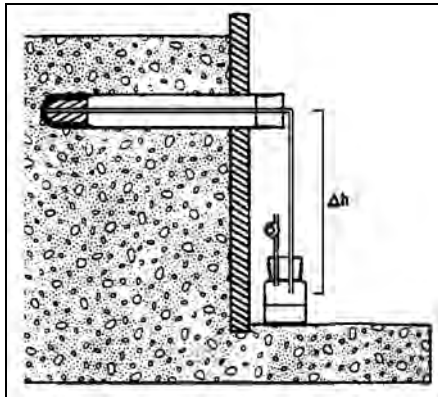


Abb. 3.8: Horizontaler Einbau (LUA 2004)

Hier erfolgt die Installation von der Profilwand aus. Bei diesem Verfahren ist kein Einschlämmen nötig, die Kerze wird in das Bohrloch hineingerückt. Der Bohrl Lochdurchmesser ist dabei etwa 2 mm kleiner als der Durchmesser der Kerze bzw. des Schaftes. Die Förderung des Bodenwassers erfolgt durch die hängende Wassersäule im Schlauch, der einen Durchmesser von kleiner 2 mm hat.

schräger Einbau:

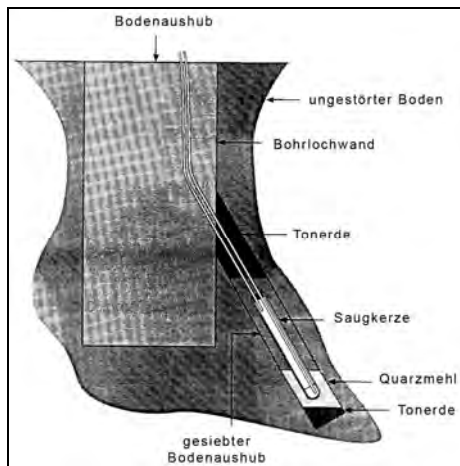


Abb. 3.9: Schräger Einbau (ASTM 2000)

Der Einbauwinkel beträgt mindestens 20°. Ragt der Schaft über das Gelände hinaus, ist eine zusätzliche Dichtmanschette zur Ableitung des Niederschlagswassers nötig. Gemäß ASTM D 4696-92 sind die Probennahmegeräte in der Bohrlochwandung zu installieren. Der Einbauwinkel sollte dabei in Anlehnung an die U.S. EPA zwischen 30° und 45° umfassen. Diese Verfahrensweise sichert eine ungestörte Bodensäule oberhalb der Saugsonde und simuliert natürliche Bedingungen, da das Porensystem nicht zerstört wird.

vertikaler Einbau: Hierbei muss der Bohrl Lochdurchmesser größer als der Kerzen- bzw. Schaftdurchmesser sein. Die befeuchtete Kerze wird in das Bohrloch eingesetzt. Für den Kontakt zwischen Kerze und Boden sorgt ein Einschlammmaterial.

In Tab. 3.5 erfolgt eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von horizontalem und vertikalem Einbau.

Tab. 3.5: Vor- und Nachteile des horizontalen und vertikalen Einbaus von Saugsondenanlagen

	Horizontaler Einbau	Vertikaler Einbau
Vorteile	• Keine durch Einbau bedingten vertikalen Fließwege • einfache Möglichkeit der konstanten Unterdruckerzeugung durch hängende Wassersäule • Minimierung der auf die Bodenprobe wirkenden Druckwechsel • einfache Möglichkeit der gasdichten Bodenwassergewinnung (kein Ausgasen durch Unterdruck) • einfache Wartung und Betrieb • Möglichkeit der Installation mehrerer Saugkerzen in einem Horizont	• Installationstiefe wird nur durch Lufteintrittspunkt der Saugkerze (Ein-Kammer-System) oder Betriebsdruck (Zwei-Kammer-System) bestimmt • teufenorientierte Probenahme möglich • kostengünstig, da kein Schurf notwendig
Nachteile	• Installationstiefe auf 2 m unter Gelände begrenzt • bei der Installation kann es zur Krafteinwirkung und Verschleppung von Bodenmaterial kommen • aufwendig und teurer durch Errichtung eines Probenahmeschurfes oder –schachtes • erhöhter Arbeitsschutzbedarf in kontaminierten Bereichen	• Entwicklung Einbau bedingter vertikaler Fließwege möglich • Störung des Bodengefüges durch größeren Bohrdurchmesser und Einschlämmen des Materials • externe Anordnung einer Unterdruckerzeugungseinheit • empfindlicher Druckwechsel • kein nachträglicher Umbau des Systems für gasdichte Probenahme möglich

4 Installation und Betriebsaufnahme von Saugsondensystemen

4.1 Planung

Anforderungen an die Planung ergeben sich aus der Zielstellung des Projektes. Dabei sollten vor der Realisierung u. a. folgende einzelfallspezifischen Faktoren bei der Planung berücksichtigt werden:

- Aufgabenstellung (z.B. Parameterumfang und Messintervalle/-zeitraum)
- standortspezifische Gegebenheiten (z.B. Bodenhorizonte, Heterogenität, Hangneigung, Fließwege und Hydrologie)
- Messfeldgröße / Verfügbarkeit von Medienträgern
- Sondenanordnung / Einbautiefen
- notwendiges Probennahmenvolumen
- ...

4.1.1 Kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme

Bei einer Sickerwasserprobennahme ist zuerst festzulegen, welcher Bereich des Bodenwassers (mobiles Bodenwasser, d.h. Sickerwasser oder der mehr immobile Bodenwasseranteil) beprobt werden soll. Dies erfolgt i.d.R. auf der Grundlage einer im Labor ermittelten Saugspannungs-Wassergehalts-Funktion, auch als pF-Kurve oder Kapillardruck-Wassergehalts-Funktion bezeichnet. In der Abbildung 4.1.1 wird dies schematisiert dargestellt.

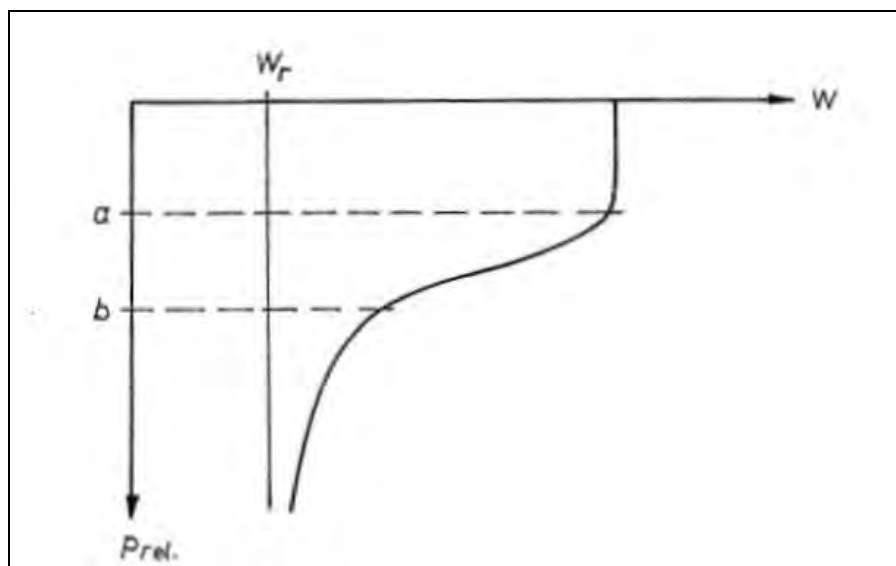


Abb. 4.1.1: Schematisierte Darstellung einer Kapillardruck ($p_{rel.}$)-Wassergehalts (w)-Funktion mit eingezeichnetem Restwassergehalt (w_r) und den Druckbereichen „a“: für die Entnahme des mobilen Bodenwasseranteils, „b“: für die Entnahme des mobilen und vorrangig immobil Bodenwasseranteils (Mischwasserprobe) und „a“ bis „b“: Bodenwasserprobe aus dem vorrangig immobil Bodenwasserbereich²

Diese Entscheidung hat grundlegenden Einfluss auf die in der Bodenwasserprobe enthaltene Stoffkonzentration. In Abbildung 4.1.2 wird dies für Nitrat verdeutlicht. Das Beispiel wurde aus (LUCKNER, NITSCHKE, EICHHORN, 1992) entnommen und zeigt, dass mit zunehmender

dem Entnahmedruck auch die Nitratkonzentration in der Bodenwasserprobe steigt. Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmenden Entnahmedruck zunehmend mehr immobiles Bodenwasser beprobt wird, dass höhere Gleichgewichtskonzentrationen aufweist als das mobile Bodenwasser (Sickerwasser) bei längeren Grundwasserneubildungsereignissen.

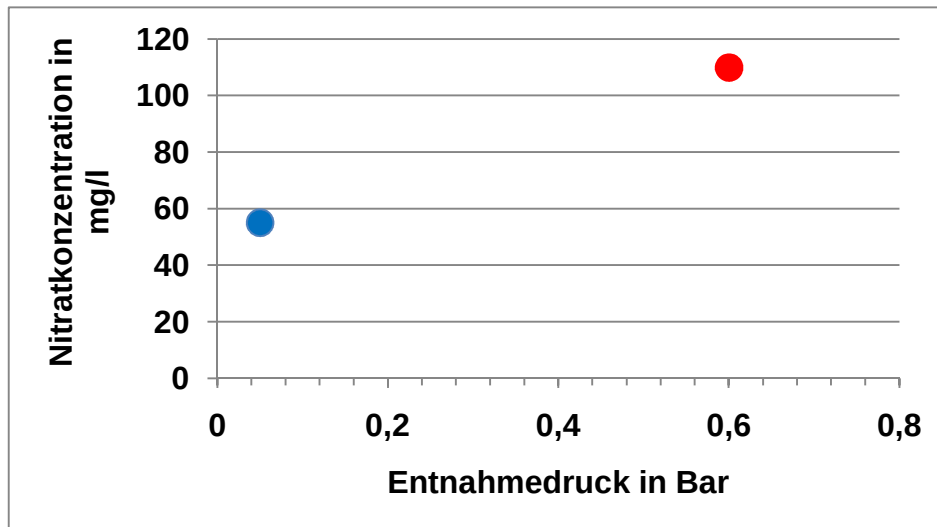


Abb. 4.1.2: Darstellung der Abhängigkeit der in einer Bodenwasserprobe analysierten Stoffkonzentration vom Entnahmedruck am Beispiel des Nitrates (LUCKNER, NITSCHKE, EICHHORN, 1992)

Mit einer kapillardruckgesteuerten Bodenwasserprobennahme² ist es möglich, bei der Probennahme auch die Bindungsform des Wassers im Boden zu berücksichtigen.

Diese Aufgabe kann z.B. dadurch gelöst werden, dass insbesondere während der Probenahme der Druckverlauf in einem Tensiometer, dass außerhalb des Einflussbereiches des Bodenwassersammlers (Saugkerzensystem) installiert wurde, gemessen und dieser Druck im Vergleich zu dem im Sammelbehälter gemessenen Druck ausgewertet wird. Durch dieses Verfahren kann die entnommene Probe eindeutig einer bestimmten Bindungsform des Wassers im Boden zugeordnet werden bzw. wird gesichert, dass die Probe nur aus dem gewünschten Bodenwasserbereich entnommen wird. Dies soll an einem Ausführungsbeispiel verdeutlicht werden.

Die schematisiert dargestellten Abbildungen zeigen:

- Abb. 4.1.3: ein Druck-Zeit-Diagramm für einen geschlossenen Bodenwassersammler, bei dem der Entnahmedruck nur einmalig mit einem Druck a angelegt wurde. Dadurch werden nur Bodenwasserproben entnommen, die dem mobilen Sickerwasser entsprechen.
- Abb. 4.1.4 ein Druck-Zeit-Diagramm für einen offenen Bodenwassersammler, bei dem der geplante Entnahmedruck ständig angelegt wird und nur dann eine Bodenwasserprobe entnommen wird, wenn der mittels Tensiometer gemessene Druck zwischen a und b liegt. Dies erfolgt durch Steuerung des Entnahmedrucks. Beide in den Abbildungen dargestellten Varianten erfordern Bodenwassersammler, wie in Abb. 3.3 und 3.4 dargestellt.

² Patentschrift DD 294 616 A7 „Verfahren zur Steuerung bzw. Regelung der Fluidprobennahme“

In den Abbildungen 4.1.3 und 4.1.4 zeigen die Kurven (1) den zeitlichen Verlauf des Drucks im Sammelbehälter und die Kurven (2) den im Tensiometer gemessenen Druckverlauf. Die Entnahmephasen sind mit „EP“ gekennzeichnet. In Abb. 4.1.1 ist eine übliche Saugspannungssättigungskurve mit dem Wassergehalt (w), dem Restwassergehalt (w_r), dem relativen Druck ($p_{rel.}$), dem Lufteintrittspunkt „a“ (der Grenze zwischen strömender und nichtströmender Fluidphase) und einem Punkt „b“, der oberhalb des Dampfdrucks und unterhalb von „a“ liegt, dargestellt. Zwischen „a“ und „b“ wird die nichtströmende Fluidphase mit einem Wassergehalt oberhalb des Restwassergehalts erfasst.

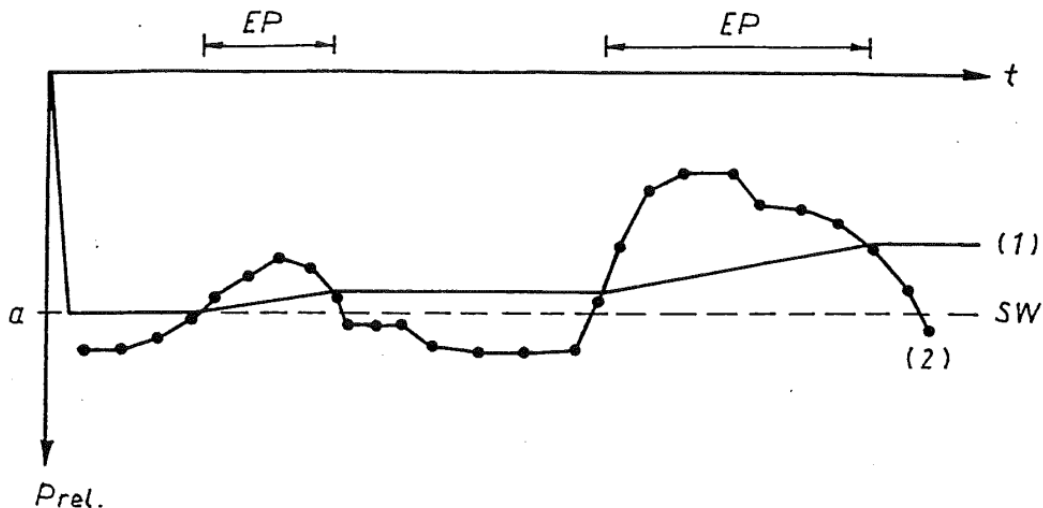


Abb. 4.1.3: Schematisiert dargestelltes Druck-Zeit-Diagramm für einen geschlossenen Bodenwassersammler, bei dem der Entnahmedruck nur einmalig angelegt wurde; „Kurve 1“ zeigt den zeitlichen Verlauf des Drucks im Sammelbehältern und die „Kurve 2“ den im Tensiometer gemessenen Druckverlauf. Die Entnahmephasen sind mit „EP“ gekennzeichnet³

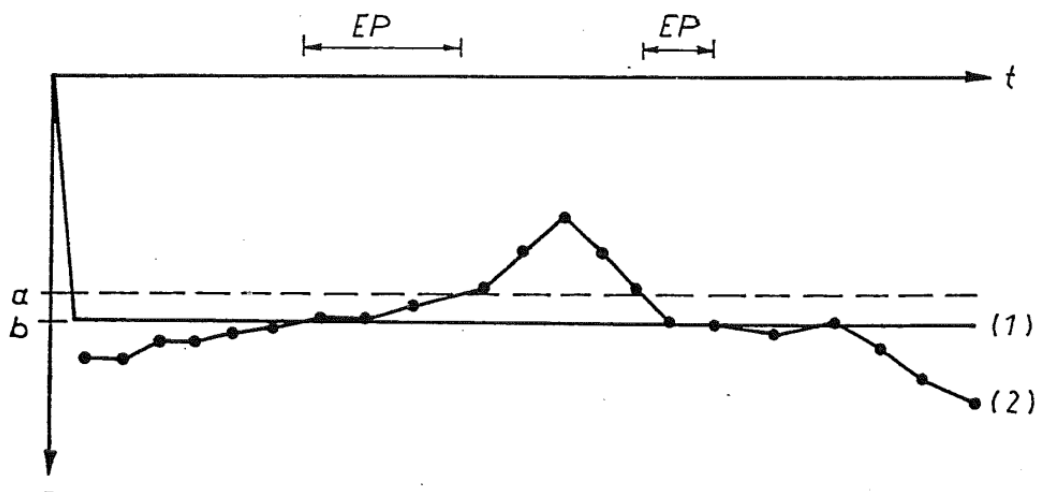


Abb. 4.1.4: Schematisiert dargestelltes Druck-Zeit-Diagramm für einen offenen Bodenwassersammler, bei dem der geplante Entnahmedruck ständig angelegt wird und nur dann eine Bodenwasserprobe entnommen wird, wenn der mittels Tensiometer gemessene Druck zwischen „a“ und „b“ liegt, „Kurve 1“ den zeitlichen Verlauf des Drucks im Sammelbehältern und die

³ s. Patentschrift DD 294 616 A7

„Kurve 2“ den im Tensiometer gemessenen Druckverlauf. Die Entnahmephasen sind mit „EP“ gekennzeichnet³

Die sich aus einer kapillardruckgesteuerten und ungesteuerten Bodenwasserprobennahme ergebenden Konzentrationsunterschiede werden in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt (LUCKNER u.a., 1989). In dem Beispiel wird ein vertikal eingebautes Sickerwasserprobennahmesystem (SGM) mit einem horizontal installierten Sickerwasserprobennahmesystem (Messschacht) verglichen, deren Keramikkerzen in den gleichen Teufen installiert wurden. Verwendet wurde bei beiden Probennahmesystemen Keramikkerzen der Fa. Soilmoisture Equipment Corp. Typ High Flow mit einem Außendurchmesser von ca. 50 mm, einer Länge von ca. 60 mm, einer Wandungsdicke von ca. 2,5 mm und einem Lufteintrittspunkt von ca. 1 Bar. Die Probennahmen erfolgten unterhalb eines Rieselfeldes, das mit Klarwasser betrieben wurde.

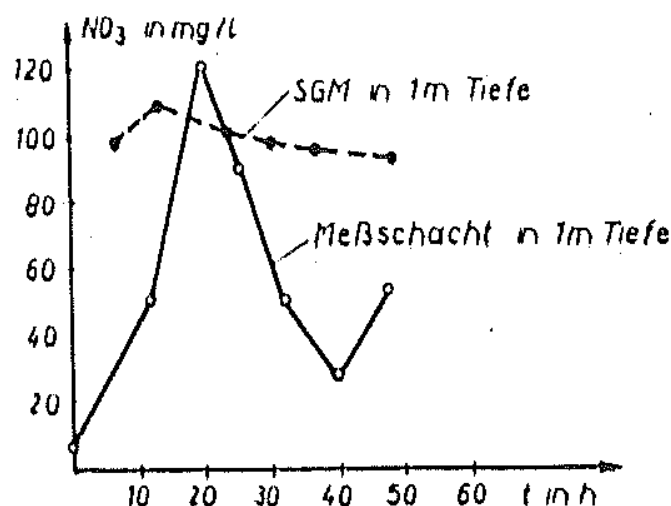


Abb. 4.1.5: Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler (Messschacht) mit einem vertikal installierten und ungesteuert betriebenen Bodenwassersammler (SGM) (LUCKNER u.a., 1989)

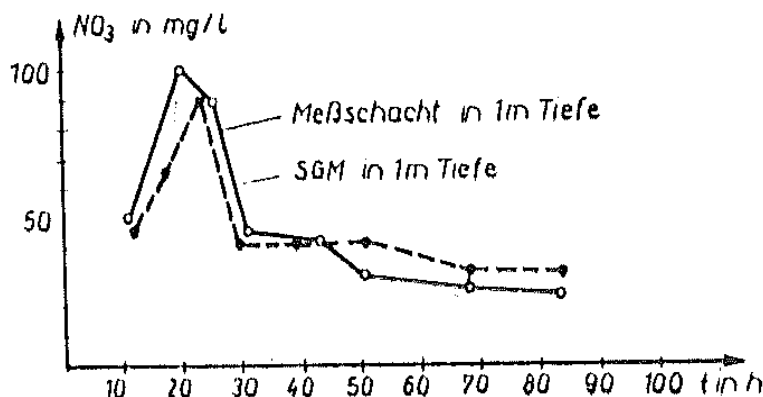


Abb. 4.1.6: Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bo-

denwassersammler (Messschacht) mit einem vertikal installierten und ebenfalls kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler (SGM) (LUCKNER u.a., 1989)

Aus dem Vergleich der beiden Abbildungen wird sowohl der Einfluss der kapillardruckgesteuerten Bodenwasserprobennahme auf die in der Wasserprobe analysierten Stoffkonzentration als auch die Vergleichbarkeit der mittels horizontal und vertikal installierten Bodenwassersammelsystemen erzielbaren Ergebnisse deutlich. Damit wird nachdrücklich die Bedeutung des Einsatzes der Kapillardruck gesteuerten Bodenwasserprobennahme für eine Erzielung belastbarer und repräsentativer Bodenwasserüberwachungsdaten, wie sie vor allem im Rahmen der Sickerwasserprognose erforderlich ist, untersetzt.

4.2 Aufschlussverfahren

Generell können folgende Aufschlussverfahren für die Saugsondeninstallation angewendet werden:

- Stechbohrung (Durchmesser der Bohrung sollte maximal 2 mm größer sein als der Kerzenschaftdurchmesser)
- Schürfe (zum horizontalen Einbau), evtl. durch Spundwände gestützt
- Rammkernsondierung (bei gefügelosen Boden unbegrenzt einsetzbar, bei kompressiblen Böden dagegen maximal 1 m tief, danach sollte das Stechbohrverfahren angewendet werden)
- Horizontalbohrverfahren (bedingt durch die starke Störung des Bodengefüges sollte es nur in Ausnahmefällen angewendet werden).

4.3 Bohrlochgeometrie

In der ASTM D 4696-92 erfolgen verschiedene Literaturangaben zur Dimensionierung des Bohrlochdurchmessers. Nach U.S. EPA ist der Bohrlochdurchmesser maximal 5 cm größer als der Durchmesser der Saugsonde zu wählen. Eine andere genannte Literaturquelle gibt einen höchstens 8 cm größeren Durchmesser zum erleichterten Einbringen des Quarzmehls an. Der Wirkungsradius des Probenehmers wird durch einen minimal größeren Bohrlochdurchmesser sowie die Anwendung von Quarzmehl vergrößert.

4.4 Einschlämmen und Abdichtung (ASTM D 4696-92)

4.4.1 ASTM D 4696-92

Der Einbau von Probenehmern erfolgt mit der so genannten Quarzmehl-Tonerde-Methode. Dabei wird Quarzmehl in das Bohrloch in schlammigem Zustand um das poröse Kerzenteil verfüllt. Die Zusammensetzung der pastösen Masse entspricht etwa 450 g Quarzmehl auf 150 ml destilliertes Wasser.

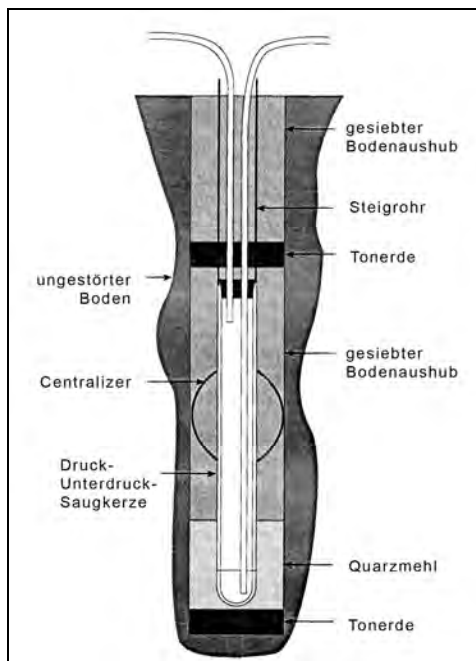


Abb. 4.1: Einschlämmen und Abdichtung (ASTM 2000)

Auch kann ein Einbau in gefrorenem Zustand erfolgen, wodurch keine Fehler durch Verschleppungen von Bodenbestandteilen auftreten. Die Mächtigkeit des Quarzmehls sollte bis 30 cm über den porösen Kerzenteil reichen. Für die Mächtigkeit der Tonerde werden 15 cm angegeben.

Um Schrumpfungs- und Quellungsprozessen vorzubeugen ist es möglich, Tonerde im Verhältnis von 1:9 mit Feinsand zu mischen. Über der Tonerde lagert gesiebter Bodenaushub, der gemäß den gegebenen Standortbedingungen verdichtet wird. Für flache Installationen reicht gesiebter Bodenschlamm aus.

Der in der Abbildung dargestellte Centralizer dient der exakten Ausrichtung in Bohrlochmitte, die Steigrohre schützen die Förder- und Druckleitungen und sichern eine exakte Platzierung des Probenehmers.

4.4.2 Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring (LMBV, 2007)

Die Entscheidung, ob ein Einschlämmen notwendig ist hängt von den jeweiligen Bodenbedingungen und der jeweiligen Bodenbeschaffenheit ab. Die Anwendung von Quarzmehlsuspension (allochtones Material) kann unter Umständen den pH-Wert der Bodenlösung beeinflussen und folglich zur Mobilisierung von Stoffen (problematisch bei Schwermetallen) führen. Um eine möglichst gute hydraulische Anbindung zu gewährleisten, muss besondere Sorgfalt beim Bohrvorgang angewendet werden, sodass der entstehende Spalt zwischen Boden und Saugkerze so gering ist, dass er beim Einsetzen der Saugkerze mit überschüssigem Einschlammmaterial automatisch verfüllt/geschlossen wird.

Wenn kein Einschlammmaterial erforderlich ist, kann mit etwas zugegebenem Wasser in der Bohrung der hydraulische Kontakt zwischen Kerze und Bohrloch hergestellt werden. Für den Einsatz von autochtonem Bohrmaterial wird eine Korngröße ≤ 2 mm empfohlen.

4.5 Einbautiefe

Die Installationstiefe der Saugsonde richtet sich nach dem Untersuchungszweck. Es ist empfehlenswert, Saugsonden in verschiedenen Tiefen einzubauen, um z.B. eine Aussage über Sickerfronten treffen zu können.

Dabei ist auf einen genügend großen Abstand zu achten, um auch bei einer notwendigen Erhöhung des Unterdrucks Überlagerungseffekte zu vermeiden.

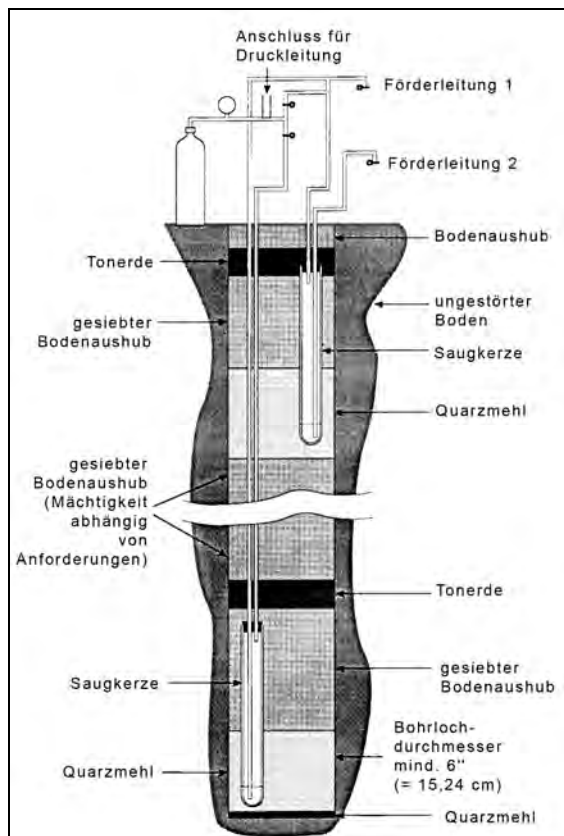


Abb. 4.2: Einbau mehrerer Saugsonden (ASTM 2000)

4.6 Betriebsaufnahme

Die Betriebsaufnahme von Saugsondenanlagen sollte nicht unter 4 Wochen nach dem Einbau erfolgen. Zuvor sind ein Probetrieb und das Verwerfen der gewonnenen Bodenlösung nötig. In der amerikanischen Norm wird ein Zeitraum von bis zu einem Jahr angegeben (ASTM 2000).

4.7 Auswahl der Betriebsart

Für Langzeitprojekte, repräsentative Bodenwasserproben und zur Abschätzung von Sickerfrachten werden Saugsondenanlagen kontinuierlich betrieben. Dazu ist eine ständig wirksame Saugspannung über eine konstant haltende Unterdruckeinheit oder ein kapillardruckgesteuertes Unterdrucksystem anzulegen (LMBV, 2007).

Ein diskontinuierlicher Betrieb bietet sich für Messungen mit geringem Probewasserbedarf und zur Bestimmung diskreter Sickerwasserkonzentrationen, sowie Untersuchungen am Pfad Boden-Pflanze an (DVWK 1990).

Die U.S. EPA schlägt eine Probennahme nach Niederschlagsereignissen vor, da diese Zeiträume durch hohe Bodenwassergehalte gezeichnet sind und der Boden mehr Schadstoffe austrägt (ASTM 2000).

In Tab. 4.1 sind Vor- und Nachteile des kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betriebs zusammengefasst.

Tab. 4.1: Vor- und Nachteile des kontinuierlichen/diskontinuierlichen Betriebes von Saugsondenanlagen (DVWK 1990)

	kontinuierlicher Betrieb	diskontinuierlicher Betrieb
Vorteile	• große Zeitintervalle erfassbar • vollständige Erfassung durchlaufender Sickerfronten • ständige Durchströmung des Kerzenmaterials • geringe Unterdrücke (keine Zeitvorgabe der Probenahme)	• Bodenwasserhaushalt kaum gestört • geringer Wartungs- und Messaufwand
Nachteile	• personalintensiv durch häufige Probenahme • lange Verweilzeit des Probewassers im Auffangbehälter	• hohe Sorptionsprozesse an Kerze und Schlauchmaterialien, da keine ständige Durchströmung • kurzfristige Ereignisse, z.B. Starkregen, nicht erfassbar

4.8 Qualitätssicherung

Um etwaigen Verfälschungen der Probenbeschaffenheit entgegen zu wirken, sollten die mit dem Bodenwasser in Verbindung geratenen Materialien chemisch inert sowie beständig gegenüber physikalische Einwirkungen sein.

Schlauchmaterialien können oberirdisch durch Hüllrohre gegen Verbiss geschützt werden. Bei Erfordernis, z.B. durch Quetschgefahr aufgrund eines hohen Skelettanteils im Boden ist ein Einsatz von Hüllrohren auch unterirdisch empfehlenswert.

Der Schutz von Probesammelbehältern vor Lichteinfall ist nur bei langwierigen Probennahmen und Probennahmen organischer Verbindungen notwendig.

Die Bohrverfahren sind so anzuwenden, dass keine Materialverschleppung in den Untergrund erfolgt. Hierzu ist es angebracht, humosen Oberboden abzutragen, wenn die Beprobung im Unterboden stattfindet. Bei nicht standfesten Böden kann ein Schutzrohr einem Zusammenfall entgegenwirken. Auch das Einbringen von Einschlämmmaterial sowie der Saugsonde selbst muss so durchgeführt werden, dass eine Verschleppung von Bodenmaterial auszuschließen ist.

Ein Test der hydraulischen Anbindung der Kerzen an das Bodenmaterial sollte ebenfalls erfolgen.

5 Anwendungsgrenzen

Saugsonden sind einsetzbar für qualitative Analysen, jedoch nicht für quantitative Untersuchungen. Die chemischen Verhältnisse der Bodenlösung sind zudem abhängig vom Proben-

nahmeort, der Probennahmdauer und dem Probennahmezeitraum, sodass ein Vergleich zwischen verschiedenen Bodenwasserproben schwierig ist (ASTM 2000).

Saugsonden sind zur Gewinnung von Bodenwasserproben mit einer Stoffkonzentration von mehr als 1 mg/l gut einsetzbar. In Spurenbereichen sind sie nur bedingt anwendbar. Sie liefern gleichfalls nur punktbezogene Ergebnisse, da sich der Probennahmebereich wenige Zentimeter um die Kerze befindet (LUA 2004).

Aufgrund von pH gesteuerten Ad- und Desorptionsprozessen der Saugsondenmaterialien kann es zu Ergebnisverfälschungen in der Analytik kommen. Daher ist eine von der Zielstellung abhängige Materialauswahl nötig.

Ein Einsatz von Saugsonden bei der Gewinnung PAK und MKW haltiger Bodenwässer ist laut eigenen Untersuchungen nur bedingt möglich.

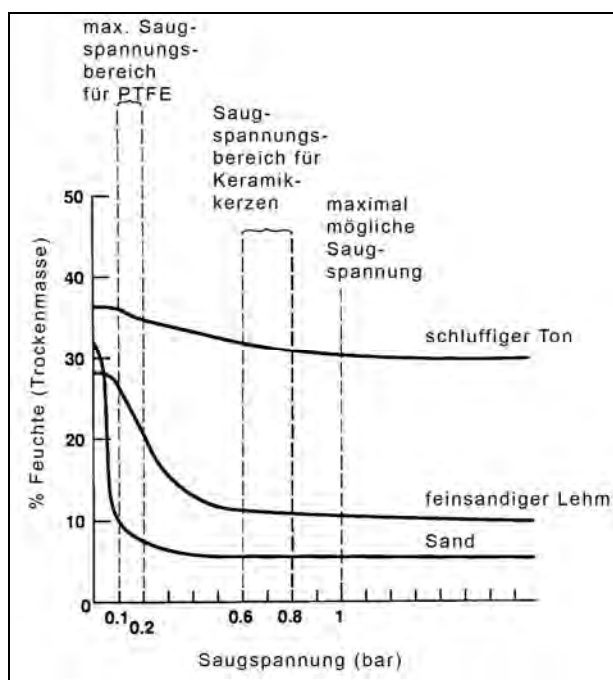


Abb. 5.1: Saugspannungsbereich (ASTM 2000)

Das zu erhaltende Bodenwasservolumen hängt maßgeblich von der Korngrößenverteilung des Bodens, der angelegten Saugspannung, dem Bodenwassergehalt, der Verteilung des Bodenwassers, der Bodenstruktur und dem Alter des porösen Werkstückes ab. Steigende Saugspannungen bei austrocknenden Böden bewirken sinkende Durchlässigkeitskoeffizienten, sodass die Fließrate des Bodenwassers geringer wird.

Die hydraulischen Eigenschaften des Bodens können einen limitierenden Faktor bei der Probennahme darstellen, wenn die Saugspannungen bei Grobböden 0,6 bar und bei Feinböden 0,8 bar übersteigen. In diesen Druckbereichen sind die Fließraten nahezu null. Die Saugsonde (z.B. Saugkerzentyp: PTFE) kann bei Lufteintrittspunkten kleiner 0,6 bar den limitierenden Faktor darstellen, da die Bodenwasserspannung oft höher ist. Abb. 5.1 zeigt zudem die Anwendungsgrenzen einzelner Kerzentypen, die sich am jeweiligen Lufteintrittspunkt orientieren.

Der Einsatz von Saugsonden in Böden mit stark lateraler Wasserbewegung ist unzuverlässig.

6 Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

Im Allgemeinen kann die Auswahl der Saugsondenanlagen und ihrer Installation unter anderem anhand folgender Kriterien eingeschränkt werden (ASTM 2000):

- a) Beprobungstiefe
- b) Probenvolumen
- c) chemische und biologische Eigenschaften des Sickerwassers
- d) Bodeneigenschaften
- e) Sickerwasserregime
- f) Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der Materialien
- g) Installationsanforderungen und Kosten

7 Fehlerquellen

7.1 Systembedingte Fehlerquellen

Tab. 7.1: Systembedingte Fehlerquellen

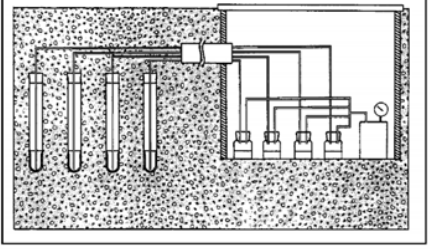
Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Klebermaterial	Veränderungen des Bodenwassers durch Kontakt möglich	Schraubverbindungen oder verkeilte Saugkerzen nutzen
Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite	Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)	Auswahl geeigneter Kerzenmaterialien, höhere Durchflussraten
Unterdruck	Entgasung von leicht flüchtigen Stoffen im Bodenwasser in Abhängigkeit des Dampfdruckes	Zwei-Kammer-Saugkerze (Förderung durch Überdruck), Förderung mittels hängender Wassersäule (horizontaler Einbau), Nutzung flexibler Kunststoffaschen statt Glasflaschen, die sich beim Sammeln der Probe ausdehnen
Unterdruck	Einfluss auf Sickerwasserkonzentration, da unterschiedliche Wasserbindungsformen entnommen werden (Gravitations- oder Kapillarwasser)	
Materialwechselwirkungen zwischen Saugkerze und Bodenwasser	Analyseverfälschungen durch Ausfällungen aufgrund: Änderung der Redoxspannung und Änderung des pH-Wertes (bis zu 0,28 bzw. 0,44 pH-Stufen durch Freisetzung von CO ₂)	Redoxmilieu konstant durch vorheriges Spülen mit Stickstoff, pH-Änderungen bei langen Probenahmezeiträumen unbedeutend
Clogging/Ausfällungen/mikrobieller Bewuchs der Kerze	Porenraumverringerung des porösen Materials abh. durch Boden, Kerzenmaterial, Saugspannung, Alter	säubern (Material abhängig), austauschen, Spülen mit destilliertem Wasser und 30 min bei 0,34 bar auspressen, Verwendung von Quarzmehl (Filterwirkung)
Freisetzungen von Bestandteilen des porösen Kerzenmaterials	Verfälschungen der Analyseergebnisse	spezifische Auswahl der Kerzenmaterialien für jede Fragestellung

Die ASTM D 4696-92 beschreibt eine Apparatur gegen den Verlust leichtflüchtiger organischer Verbindungen nach WOOD et al.. An den Schaft ist eine Spülkammer angeschlossen, in der ein Abscheider aus Harz installiert ist. An diesem binden sich während der Probenahme leicht flüchtige Stoffe und können gesondert entnommen werden.

Ein weiterer, System bedingter Fehler ist der hydraulische Einfluss der Saugsonden auf den Bodenwasserhaushalt. Dieser orientiert sich an der Bodenstruktur und Bodensaugspannung und beträgt je nach Kerzengröße bei Grobböden bis zu 10 cm und bei Feinböden bis zu 90 cm. WARRICK und AMOOZEGEAR-FARD entwickelten ein analytisches Gleichungssystem zum Abschätzen des beeinflussten Radius durch verschiedene Saugspannungen, während NARASIMHAN und DRIESS ein numerisches Verfahren zur Simulation der Einflüsse einer Saugsonde auf den Bodenwasserhaushalt konstruierten (ASTM 2000).

7.2 Handhabungsbedingte Fehlerquellen

Tab. 7.2: Handhabungsbedingte Fehlerquellen

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde  Quelle: DVWK 1990
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

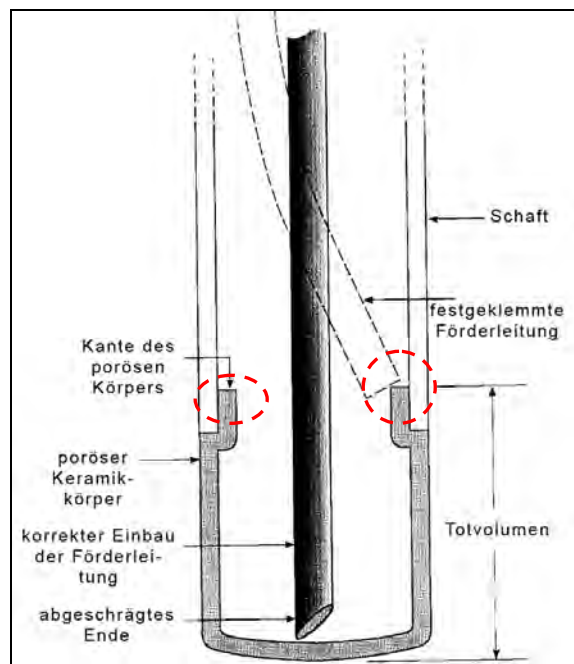


Abb. 7.1: fehlerhafte Installation der Förderleitung (ASTM 2000)

Geklebte Keramikkerzen können einen inneren Rand des Schaftes (s. Abb. 7.1: Kante des porösen Körpers) ausbilden. Dabei kann es zu Installationsfehlern beim einbringen der Förderleitung kommen, die an der Kante des Keramikkörpers hängen bleibt, ohne den Boden der Saugsonde zu erreichen. Ein Totvolumen von bis zu 80 ml kann somit in der Kerze verbleiben und die Kerze kontaminieren. Eine Vorsichtsmaßnahme stellt das schräge Anschneiden der Leitung dar.

8 Qualitätskontrolle

8.1 Vorbereitung der Saugsonden vor dem Einbau

Zur Beseitigung der Stoffabgabe aus den Kerzenmaterialien sollten neue Saugsonden, oder Saugsonden, die kurz nach der Installation in Betrieb gehen sollen durch Ansaugen mehrerer Liter entionisierten Wassers gespült werden.

Gemäß ASTM D 4696-92 ist der poröse Kerzenteil zu Beginn der Feldinstallation etwa 30 Minuten in destilliertes Wasser zu legen, um eine Sättigung zu gewährleisten.

Bei der Durchführung eines Probetriebes erfolgt ein Testlauf mit dem Verwerfen der Bodenlösungen (in-situ-Konditionierung) zur Absättigung der Sorptionsplätze am Kerzenmaterial. In begründeten Ausnahmefällen ist eine ex-situ-Konditionierung möglich. Hierzu wird bei erwarteten Konzentrationen unter 1 mg/l die Kerze mit Lösungen bekannter Konzentrationen gespült, um Auskunft über die Sorptionseigenschaften des Materials zu erhalten. Eigene Untersuchungen zeigen jedoch, dass dieses Verfahren besser kontrollierbar ist. Hierfür sollte Wasser aus einer oberflächennahen Grundwassermessstelle verwendet werden.

Weiterhin wird auf die Ausführungen in Abschnitt 4.1 verwiesen.

8.2 Prüfung der Tauglichkeit vor dem Einsatz

In dem LMBV-Merkblatt (2007) ist die Eignungsbewertung der Bodenwassermessstelle wie folgt vorzunehmen:

8.2.1 Äußere Zustandsüberprüfung

- a) Kontrolle des Abschlusses des Schutzrohres zur Geländeoberfläche
- b) Kontrolle auf Deformationen des Schutzrohres
- c) Kontrolle auf Abweichung von der Lotrechten
- d) Prüfung der Kappe auf Fehlen oder Undichtigkeit
- e) Kontrolle der Zugängigkeit der Messstelle
- f) Kontrolle auf Ablagerungen um die Messstelle

8.2.2 Innere Zustandsüberprüfung

Bei der inneren Zustandsüberprüfung wird der anliegende Unterdruck gemessen (ggf. Werte des Datenloggers nutzen). Sollte dieser von der anliegenden Unterdruckeinheit abweichen ist das System zu entlüften und neu zu prüfen.

8.2.3 Dichtheitstest (LD-Test)

Bei der Überprüfung der Dichtheit des Gesamtsystems wird dieses mit Deionat gefüllt und nach einer Stunde mittels Schutzgas entleert. Im Gesamtsystem wird mit Schutzgas ein Druck, der etwa die Hälfte des Lufteintrittspunktes entspricht, eingestellt und das System dann verschlossen. Der Dichtheitstest ist positiv, wenn der Druckabfall nach 24 Stunden kleiner als 10 % des Ausgangsdruckes beträgt.

8.2.4 Reinigungsverfahren nach DVWK-Merkblatt 217

Vor dem Einbau sollten in noch nicht in Betrieb gewesene Kerzen circa 100 ml Salzsäure ($c = 1 \text{ mol/l}$) angesaugt werden. Danach ist die Kerze mit destilliertem Wasser chloridfrei zu spülen. Herstellungsbedingte Fremdstoffe in Kunststoffkerzen können mit verdünnter Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol}$) und anschließend mit destilliertem Wasser gespült werden.

8.2.5 Reinigungsverfahren nach ASTM D 4696-92

In der amerikanischen Norm ist das Reinigungsverfahren an den verwendeten Kerzentyp anzupassen.

Für **Keramik-Saugsonden** empfehlen NEARY und TOMASSINI das Spülen der Kerze mit HCl ($8 \text{ N} = 26 \text{ Masse-\%}$) und anschließend mit destilliertem Wasser solange, bis die elektrische Leitfähigkeit des aus der Kerze abfließenden Wassers maximal 2% vom reinfließenden Wasser abweicht. In DEBYLE ET AL. wird das Ansaugen einer Lösung nach dem Spülen mit HCl vorgeschlagen, die der Zusammensetzung des Bodenwassers ähnlich ist, sodass eine erste Adsorption von Ionen bis zur Absättigung der Keramik erfolgt. Alternativ wird das erste

Probennahmenvolumen verworfen. Problematisch bei der Verwendung von HCl ist jedoch die Korrosionsgefahr der Ventile.

Bei **Fritteglas** geben CORNING LABORATORIES das Spülen mit heißer HCl und danach mit destilliertem Wasser an.

Für **PTFE-Kerzen** empfiehlt TIMCO das Ansaugen von 0,5 l destillierten Wassers sowie anschließend folgenden Bädern in I.P.A (Isopropanol) und Wasserstoffperoxid, oder dem Spülen der Kerze mit HCl. Zur Reinigung wird die Kerze mit destilliertem Wasser durchspült. Der Autor gibt zudem an, dass die Anwendung von Salzsäure nicht bei Probennahme in Mülldeponien geeignet ist, da dort vorkommendes Methan sich mit Chloriden zu Di- oder Trichlormethanen verbindet.

Probennehmer aus Celluloseacetatfasern sollten laut STEVENSON mit Silbernitrat und Natriumchlorid gegen Biofilmwachstum behandelt werden.

Für Probennehmer mit Membranfilter ist gemäß MORRISON das Spülen mit destilliertem Wasser ausreichend.

8.2.6 Eigene Anmerkungen

Nach Angaben eines Herstellers von Edelstahlsaugkerzen sind diese in der Regel nicht vorbehandelt sondern lediglich mit einer Labordetergenz und destilliertem Wasser gespült. Für weitere Reinigungsschritte wird Alkohol empfohlen, wobei das Durchsaugen von 50 ml ausreichend ist. Bei erwünschter Passivierung der Saugkerze wird wie folgt vorgegangen. Das Spülen erfolgt durch Ansaugen mit Unterdruck.

- a) Spülen mit 100 ml Reinigungslösung (Labordetergenz und destilliertes Wasser)
- b) Spülen mit 100 ml destilliertem Wasser
- c) Spülen mit 50 ml 30%-iger Salpetersäure
- d) Spülen mit 100 ml destilliertem Wasser
- e) Spülen mit 50 ml Methanol

8.3 Behandlung von Bodenwasserproben

8.3.1 LMBV-Merkblatt (2007)

Die Entnahme der Bodenwasserproben sollte zur Vermeidung von Veränderungen der chemischen Beschaffenheit unter Druckgas (Schutzgas) oder dem Shuttleprinzip erfolgen (vgl. Kap. 3.3.3).

Die gekühlte Probe ist gasblasenfrei über eine Durchflussmesszelle abzufüllen. Dabei sollte eine Messung der Temperatur, des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit und des Sauerstoffgehaltes erfolgen. Zudem muss der Schlauch nach jeder Probennahme erneuert werden.

Das gewonnene Bodenwasser ist in vorgekühlte Kunststoff- oder Glasflaschen abzufüllen. Eine anschließende Filtration ergibt sich aus der prozessbezogenen Bewertung stattgefundener Veränderungen während der Entnahmezeit (z.B. Fällungsprozesse).

Die Proben sollten am Probennahmetag ins Labor gegeben werden.

8.3.2 DVWK-Merkblatt 217

Vor-Ort sind möglichst pH-Wert, Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit und Säurekapazität (HCO_3) zu bestimmen. Konservierungsmaßnahmen wie Kühlen oder Einfrieren sowie Vorbehandlungen mit chemischen Zusätzen oder Filtration wirken einer Beschaffenheitsänderung des Bodenwassers entgegen. Die Kühlung bei + 4°C verursacht dabei die geringsten Änderungen. Durch eine Filtration ändert sich unter Umständen die Konzentration der Parameter, falls sie an Bodenteilchen adsorbiert sind. Zudem sind Oxidationsprozesse und Ausfällungen nicht auszuschließen.

Zur Abschätzung eventueller Kontaminationen müssen begleitende Untersuchungen durchgeführt werden. Diese umfassen unter anderem Standort- und Profiluntersuchungen, die Erfassung der Klimadaten und die Sickerwassermenge.

Daten zum Standort: Nutzungsart, Düngung, Nähr- und Schadstoffentzüge durch Pflanzen, Immissionsdaten

Daten zum Profil: Bodenkundliche Kartierung, Bodenkundliche Karten, in Abhängigkeit der Zielstellung auch bodenphysikalische, bodenchemische und bodenbiologische Untersuchungen.

Ergänzend dazu sind eine kontinuierliche Niederschlags-, Temperatur- sowie Grundwasserstandsmessung (Kontrollmessstelle) zu empfehlen.

8.3.3 Luftdurchtrittspunkt

In der amerikanischen Norm ASTM D 4696-92 wird der Lufteintrittspunkt durch Absättigen des porösen Körpers durch das Eintauchen in Wasser und dem Durchdrücken von Luft ermittelt. Der Druck, bei dem Luftblasen im Wasser aufsteigen ist der Lufteintrittspunkt und gibt die maximale Saugspannung vor, die zur Probennahme angelegt werden kann.

8.4 Beispiele zur Protokollierung der Ergebnisse

Tab. 8.1: Vorschlag für Betriebsprotokoll Saugsondenmessplatz (nach DVWK 1990)

Projekt:	Betriebsprotokoll	
Jahr:	Saugsondenmessplatz	
Name der Messstelle:		Koordinaten: RW: HW:
Kerzenmaterial: Vorbehandlung:		Betriebsweise: kontinuierlich

Sondentiefe:			diskontinuierlich	
	Messergebnisse			
	1. Unters.	2. Unters.	3. Unters.	usw.
Beprobungsbeginn				
Unterdruck (bar)				
Probennahme				
Entnahmemenge (cm ³)				
klim. Wasserbilanz N – V (mm)				
Messungen vor Ort (pH, O ₂ , Lf, Säurekap.)				
Messungen im Labor				

Tab. 8.2: Vorschlag zur Beschreibung eines Saugsondenmessplatzes (nach DVWK 1990)

Datum	Beschreibung
Bearbeiter	Saugsondenmessplatz
Lage der Entnahmestelle (Ort, Straße, etc.): TK25 Nr.: - Koordinaten Rechtswert: - Bezeichnung der Messstelle:	Hochwert: Bodenkarten:
I. Allgemeine Kenndaten:	
Datum des Einbaus: Kerzenmaterial: Größe der Kerze: Schlauchmaterial:	Messzeitraum Beginn: Ende: Porendurchmesser (μm): Schlauchlänge (m):
Einbautiefe (cm): Anzahl der Sonden pro Einbautiefe:	Sondenlage (z.B. horizontal):
II. Bodenkennwerte:	
Bodenart in Einbautiefe: Überlagernde Bodenhorizonte: Bodentyp: eff. Durchwurzelungstiefe (dm): nutzbare Feldkapazität (mm/dm): gesättigte Wasserleitfähigkeit (m/s): Humusanteil (%):	Bodenhorizont: nach Verfahren: nach Verfahren: Kalkgehalt (%): pH (CaCl_2):
III. Mittlerer GW-Stand (m) unter Gelände:	
IV. Bodennutzung:	
V. Düngung und Düngungstermine:	

9 Empfehlungen aus eigenen Forschungsarbeiten

In den Jahren 2005 bis 2007 wurden durch das Landesumweltamt Brandenburg Untersuchung zum Einsatz von Saugkerzen an einem durch MKW, MTBE und BTEX kontaminierten Standort durchgeführt.

Zum Einsatz kamen Keramik- und Siliciumkarbid-Saugkerzen mit Ein-Kammer- und Zwei-Kammer-Bauweise und in Kombination mit Tensiometer-, Regenmesser-, Bodenfeuchteaufzeichnungen und Bodenluftuntersuchungen. Die Beprobung wurde kontinuierlich und diskontinuierlich vorgenommen. Im Folgenden sollen die wesentlichen Erkenntnisse des Projektes zusammenfassend dargestellt werden.

1. Bodensickerwasserproben sind repräsentativ, wenn zu einem definierten Zeitpunkt aus einem definierten Volumenelement die in-situ-Verhältnisse des Entnahmeraumes hinsichtlich der Milieukennwerte, der Konzentration und Verteilung von Inhaltsstoffen und der physikalischen/chemischen/biologischen Eigenschaften widergespiegelt werden.

Dazu sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- a) Die Probennahme und Prognose sollte auf einem hydrogeologischen Modell basieren. Eine dafür erforderliche detaillierte Standorterkundung umfasst den Aufbau der Versickerungszone, die lithologischen, petrophysikalischen und geochemischen Eigenschaften der Bodenhorizonte und Schichtfolgen (Neigung), ihrer Ausbreitung und Oberflächenmorphologie.
- b) Eine modellgestützte Prognose (z.B. Festlegen von Erwartungswerten) dient der Planung von Lage und Abstand der Saugsonden zueinander sowie der Festlegung von entsprechenden Beprobungshorizonten.
- c) Für standortkonkrete Sickerwasserprognosen sind laborativ bestimmte pF-Kurven angetroffener Schichten, insbesondere der kontaminierten Bereiche unerlässlich.
- d) Des Weiteren sind wichtige Randbedingungen wie Temperatur, Strahlungsverhältnisse, Niederschlagsmenge/-verteilung, möglichst als konkrete Messungen an Ort und Stelle, zur Abschätzung der Infiltrationsraten zu ermitteln.
- e) Der Feuchtetransport in einem Bodenprofil ist abhängig vom Grundwasserstand, so dass die Erfassung der entsprechenden Grundwasserstandsganglinie eine weitere Randbedingung zur Standortcharakterisierung darstellt.
- f) Bei der Überwachung der Versickerungszone sind möglichst alle Phasen im Boden zu beproben (Feststoffphase, Bodenwasser, Bodenluft).
- g) Die Überwachung sollte zudem alle wesentlichen Horizonte und Schichten der Versickerungszone umfassen.
- h) Zusätzlich durchgeführte laborative Prozessuntersuchungen (LfULG, 2004) sind von grundlegender Bedeutung für das Prozessverständnis am Untersuchungsstandort.
- i) Vor dem Feldeinsatz bzw. Einbau in den Boden sollten die Saugkerzen mit kontaminiertem Bodenwasser zur Absättigung der Sorptionsplätze am Kerzenmaterial gespült werden.

- j) Die Herstellerangaben bezüglich maximaler Porengrößen von Kerzenkörpern beruhen vorwiegend auf der Berechnung ermittelter Lufteintrittspunkte. Vor dem Feldversuch sollte demzufolge die genaue Ermittlung dieses Parameters erfolgen.

2. Weitere unabdingbare Anforderungen zur Qualitätssicherung sind:

- a) Die Bestätigung der Messwerte durch Laboruntersuchungen.
- b) Ein kapillardruckgesteuerter Betrieb der Saugkerzen zur Gewährleistung gleicher Probennahmebedingungen.

3. Der in Kapitel 3.2 diskutierte Unterschied der Saugkerzenmaterialien bezüglich des Verhaltens gegenüber zu analysierenden Schadstoffen, konnte während der Versuche in den untersuchten Konzentrationsbereichen nicht bestätigt werden. Die Einflüsse der genutzten Bodenwassersammlertypen (Systeme) sind größer als die des Kerzenmaterials.

Dabei stellte sich heraus, dass der Einsatz vertikal installierter Ein-Kammer-Saugkerzen zu drastischen Verlusten bei den Analyseergebnissen von MKW und BTEX führte. Zwei-Kammer-Saugkerzen lieferten dagegen plausible, den Laborwerten entsprechende, Analyseergebnisse.

Zudem sind vertikal installierte Ein-Kammer-Bodenwassersammler für die Probennahme ungeeignet, da durch Wasseransammlungen im Bereich der Bodenoberfläche erhebliche Druckunterschiede entstehen können, die zur Ausgasung und damit verbundenen Veränderungen der Milieubedingungen führen.

4. Siliciumkarbidkerzen erweisen sich im Vergleich zu anderen untersuchten Kerzenmaterialien unter Beachtung des analysierten Schadstoffspektrums am Untersuchungsstandort als ein für den Einsatz an MKW kontaminierten Standorten geeignetes Material. Dies ergibt sich unter anderem durch die hohe Stabilität, den hohen Lufteintrittspunkt, die niedrige spezifische Oberfläche und die sehr homogene Porenstruktur des Materials.

10 Literatur

ASTM D 4696-92 (2000): Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone, American Society for Testing and Materials.

BERGER, W.; KALBE, U. (2004): Saugsonden zur Untersuchung der Bodenwasserbeschaffenheit: Ein Überblick der Einsatzmöglichkeiten, in: TerraTech 11-12/2004, S. 8 – 12.

DVWK (1990): DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.

LUCKNER, L., NITSCHKE, C., EICHORN, D. (1992): Das SGM-System, eine neue Technik und Technologie zur Boden- und Grundwasserüberwachung in Deutschland; Die Geowissenschaften, 10. Jahrgang, 1992/ Nr.2.

LUCKNER, L., NESTLER, W., NITSCHKE, C., ALTMANN, H.-J., ROHRBACH, L. (1989): Teufengerechte Wasserdruckmessung und repräsentative Wasserprobennahme mit neuer Technik; bbr 5/ 1989.

LMBV (2007): LAUSITZER UND MITTELDEUTSCHE BERGBAU- UND VERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH: Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007.

LUA (2004): LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.

LfULG (2004): SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE: Materialienband zur Altlastenbehandlung: "Laborative Untersuchungen zur Sickerwasserprognose im Rahmen der Detailerkundung".

JENN, F.; KAST, G.; MICHEL, R.; NITSCHKE, C.; VOIGT, H.-J. (2007): Vergleichende Analyse von Beprobungsverfahren zur Bewertung des Stofftransportes in der Versickerungszone, Endbericht 2007.

UP (Umweltanalytische Produkte) GmbH: Einbauanleitung von Edelstahlsaugkerzen, schriftliche Mitteilung vom 25.11.2008.

WÜRCK, S. (2007): Laboruntersuchungen zur Praxistauglichkeit von Saugkerzen für Sickerwasserprobennahmen, Diplomarbeit an der TU Cottbus.

Anhang 2.2

Rechercheergebnis
Bodenwasserprobennahme (QSM)

Themenbezogene Fundstellen
(allgemeine Fragestellungen)

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren

Nomen- klatur	Quellenbezeichnung lang	Jahr	generell Infos zu QS vor- handen? (1=ja)	QS allg.	gängige Probennahmeverfahren													gängige Probennahmeverfahren						
					1-Kammer-Saugkerzen							2-Kammer-Saugkerzen						PN durch kapillardruckgesteuertes System						
					Verf.grundl., -prinzipien, -skizzen	Anwen- dungs- gebiete	Anwen- dungs- grenzen	Entwick- lungs-/ Erfahrungs- stand	Erforderl./ zweckmäß. Verf.komb.	Fehler- quellen	QS	Verfahrens- grundlagen, -prinzipien, -skizzen	Anwen- dungs- gebiete	Anwen- dungs- grenzen	Entwick-lungs/ / Er-fahrungs- stand	Erforderliche/ zweck- mäßige Verfahrensko mbination	Fehler- quellen	QS	Verfahrens- grundlagen, -prinzipien, -skizzen	Anwen- dungs- gebiete	Anwen- dungs- grenzen	Entwick- lungs-/ Er- fahrungs- stand	Erforderliche/ zweck- mäßige Verfahrensko mbination	Fehler- quellen
/1/	ASTM (American Society for Testing and Materials) D 4696-92: Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone	2000	1	S. 8 - 14	S. 4	S. 2	S. 2,			S. 9-11, S. 15 - 17		S. 4	S. 2	S. 2			S. 9 - 11, S. 15 - 17							
/2/	Berger, W.; Kalbe, U.: Saugsonden zur Untersuchung der Bodenwasserbeschaffenheit: Ein Überblick der Einsatzmöglichkeiten, in: TerraTech 11-12-2004, S. 8 - 12	2004	1	S. 9	S. 9	S. 8	S. 8, S. 9, S. 12		S. 11	S. 9-12		S. 9	S. 8	S. 8, S. 9, S. 12		S. 11	S. 9-12							
/4/	DVWK-Merkblatt 217: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode	1990	1	S. 1 - 4, S. 6	S. 3	S. 1	S. 1-3	S. 3-5	S. 4-7	S. 1-4		S. 3												
/5/	Landesumweltamt Brandenburg: Altlastenbearbeitung in Brandenburg: Nationale und Internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probenahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des LUA Band 4	2004	1	S. 45-47, S. 49-50	S. 10, S. 47	S. 9	S. 11, S. 42-44	S. 43, S. 10, S. 12-13, S. 47-48	S. 45, S. 50, S. 55	S. 11, S. 43-44, S. 47-49		S. 10, S. 48	S. 9	S. 11, S. 42 - 44	S. 43, S. 10, S. 12-13, S. 47-48	S. 45, S. 50, S. 55	S. 11, S. 43-44, S. 47-49							
/6/	LMBV (2007): Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau- und Verwaltungsgesellschaft mbH: Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007		1	S. 31, S. 34 - 35	S. 24							S. 24												
/7/	Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J.: Innovative Direkt/in-situ-Probenahmeverfahren für Grund- und Sickerwasser, Schadstoffphase und Bodenluft - Feldversuch/Gleichwertigkeitsbetrachtung	2007	1	S. 108 - 110	S. 2		S. 95 - 96					S. 2												
/8/	Würck, S.: Laboruntersuchungen zur Praxistauglichkeit von Saugkerzen für die Sickerwasserprobenahmen	2007	1	S. 74				S. 9-10	S. 7-8						S. 9-10	S. 7-8								

Erläuterung:
"QS" Qualitätssicherung; "PN" Probennahme

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren

Nomen- klatur	Quellenbezeichnung lang	Jahr	Sonderverfahren													
			PN mittels gasdichtem System							internationale PN-Verfahren						
			Verfahrens- grundlagen, -prinzipien, -skizzen	Anwen- dungs- gebiete	Anwen-dungs- grenzen	Entwick- lungs-/ Er- fahrungs- stand	Erforderliche/ zweck- mäßige Verfahrens- kombination	Fehler- quellen	QS	Verfahrens- grundlagen, -prinzipien, -skizzen	Anwen- dungs- gebiete	Anwen- dungs- grenzen	Entwick- lungs-/ Er- fahrungs- stand	Erforderliche/ zweck- mäßige Verfahrens- kombination	Fehler- quellen	QS
/1/	ASTM (American Society for Testing and Materials) D 4696-92: Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone	2000								S. 3, S. 5-11	S. 2	S. 2, S. 14 - 19	S. 2 -3, S. 11	S. 10,	S. 9-11, S. 15 - 17	
/2/	Berger, W.; Kalbe, U.: Saugsonden zur Untersuchung der Bodenwasserbeschaffenheit: Ein Überblick der Einsatzmöglichkeiten, in: TerraTech 11-12-2004, S. 8 - 12	2004														
/4/	DVVWK-Merkblatt 217: Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode	1990														
/5/	Landesumweltamt Brandenburg: Altlastenbearbeitung in Brandenburg: Nationale und Internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probenahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des LUA Band 4	2004														
/6/	LMBV (2007): Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau- und Verwaltungsgesellschaft mbH: Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007															
/7/	Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J.: Innovative Direkt/in-situ-Probenahmeverfahren für Grund- und Sickerwasser, Schadstoffphase und Bodenluft - Feldversuch/Gleichwertigkeitsbetrachtung	2007														
/8/	Würck, S.: Laboruntersuchungen zur Praxistauglichkeit von Saugkerzen für die Sickerwasserprobenahmen	2007														

Erläuterung:
"QS" Qualitätssicherung; "PN" Probennahme

Anhang 2.3

Rechercheergebnis
Bodenwasserprobennahme (QSM)

Themenbezogene Detailübersicht

Qualitätssicherungsmaßnahmen bei innovativen direkten/indirekten Probennahmeverfahren

Planung	allgemein	Festlegung der Beprobungsziele	/2/ S. 9-11, /4/ S. 4-6, /5/ S. 44, S. 50, /7/ S. 108-109: Planung der Anordnung der Sonden, Einbautiefe, Messfeldgröße, Standorterkundung, Beprobungsziel (punktueller Ergebnis oder Stoffbilanz), Messzeitraum (Stichprobe oder Zeitintervall)
	konkret	Wahl der Art der Proben-nahmegeräte, -behälter	/1/ S. 2, /2/ S. 8, /4/ S. 2, /5/ S. 10-12, S. 47-48: Wahl abhängig von Beprobungstiefe, Probenahmezeitraum, Standortbedingungen des Bodens (pF-Wert) und dementsprechend anzulegenden Unterdruck zur Vermeidung von chemischen Veränderungen der Analyselösung (Ausgasen, chemische Reaktionen)
		Wahl der Materialien der Probennahmegeräte, -behälter	/1/ S. 2, /2/ S. 8-12, /4/ S. 2-3, /5/ S. 43-44: Material sollte chemisch und biologisch inert sein, keine Wechselwirkungen mit der Analyselösung eingehen und geringe Sorptions- und Extraktionseffekte aufweisen
Durchführung	Vorbereitung der Probennahme	Kalibrierung	/1/ S. 8-9, /4/ S. 1-3, /4/ S. 45, /7/ S. 108-109: Reinigung und Konditionierung der Kerzen vor dem erstmaligen Einsatz zur Entfernung herstellungsbedingter Verschmutzungen, Prüfung physikalischer Parameter (Totvolumen, Lufteintrittspunkt, hydraulische Durchlässigkeit)
		Anwendungsvorgaben	/1/ S. 10-11, /4/ S. 3, /5/ S. 46: das Einschlämmen der Kerze zur Verbesserung der hydraulischen Anbindung ist sinnvoll
	Durchführung der Probennahme	Entnahme der Proben	/1/ S. 3-7, /4/ S. 4-5, /5/ S. 10-11, S. 47-50, /6/ S. 34-35: Probenförderung mittels Unterdruck, oder kombiniertem Unter- und Überdruckverfahren, Probennahme in Einkammer- und Zweikammersystemen, druckbedingte Änderung der chemischen Verhältnisse der Analyselösung vermeiden
		Probenvorbehandlung/ -konservierung	/4/ S. 6, /6/ S. 35 : Filtration bzw. parameterspezifischer Zusatz von Chemikalien, Verweis auf DIN EN ISO 5667-3
	Probennahme-Folge-maßnahmen	Vor-Ort-Analytik	/4/ S. 6, /7/ S. 108-109: pH-Wert, Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, Säurekapazität, Temperatur, Strahlungsverhältnisse, NS-Menge/-verteilung
		Probentransport/ -lagerung	/4/ S. 6, Kühlen (4-8°C) / Einfrieren, vor Sonnenlicht schützen, Verweis auf DIN EN ISO 5667-3
		Dekontamination der Geräte	/5/ S. 47: materialspezifische Reinigungsverfahren
Auswertung / Dokumentation	Dokumentation (Protokollierung diverser Randbedingungen, ...)		/4/ S. 11-12 Vorschläge für Übergabeprotokolle (Beschreibung allgemeiner Kenndaten, Bodenkennwerte, Grundwasserstand, Standortbedingungen, Probennahmedaten)
Fehlerquellen	Systembedingt		/1/ S. 14, /2/ S. 9-12, /5/ S. 11, S. 43-44, S. 47-49, Druck bedingte Änderung der Bodenwasserbeschaffenheit (pH-Wert, Entgasung), Materialbedingte Sorptions- oder Filterprozesse und Analyseverfälschungen, hydraulischer Einfluss auf Bodenwasserhaushalt
	Handlungsbedingt		/1/ S. 9-11, /2/ S. 9-12, /4/ S. 1-4 /5/ S. 11, falscher Zusammenbau der Kerzen, lange Probennahmezeiträume (Änderung der Bodenwasserbeschaffenheit durch mikrobiologische Prozesse), Gefügeänderungen im Boden durch Installation (Verschmieren), Analyseverfälschungen durch falsche Reinigung der Materialien, falschen Materialeinsatz, falsche Lagerung / Transport / Behandlung

Anhang 3

Rechercheergebnis Direkt Push Verfahren (QSM)

Literaturverzeichnis

Übersicht der recherchierten Literatur zu direct push Verfahren

- United States Environmental Protection Agency (1997): Chapter VI: Field Methods For The Analysis Of Petroleum Hydrocarbons - <http://www.epa.gov/swerust1/pubs/esa-ch6.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (1995): Innovative Technology Evaluation Report: Rapid Optical ScreenTool (ROST), <http://www.epa.gov/ORD/SITE/reports/540r95519/540r95519.pdf>
- Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP) (2006): Field Demonstration and Validation of a New Device for Measuring Water and Solute Fluxes at Naval Base Ventura County (NBVC), Port Hueneme, CA - <http://www.estcp.org/Technology/upload/ER-0114-FR-PtHueneme.pdf>
- United States Army Corps of Engineers (2003): Tri-Service Site Characterization and Analysis Penetrometer System Validation of the Membrane Interface Probe <http://clu-in.org/char/technologies/pdf/MIP%20USACE.pdf>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Analytics (2008): Fibre Optic Chemical Sensors - <http://clu-in.org/char/technologies/focs.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Analytics (2006): Gas Chromatography - <http://clu-in.org/char/technologies/gc.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Analytics (2006): Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry - <http://clu-in.org/char/technologies/graphite.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Analytics (2007): X-Ray Fluorescence - <http://clu-in.org/char/technologies/xrf.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Analytics (2006): Laser Inducted Fluorescence - <http://clu-in.org/char/technologies/lif.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2007): Analytical Systems - <http://clu-in.org/char/technologies/dpanalytical.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2008): Direct Push Platforms - <http://clu-in.org/char/technologies/dpp.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2007): Geotechnical Sensors - <http://clu-in.org/char/technologies/dpgeotech.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2007): Ground Water Samplers - <http://clu-in.org/char/technologies/dpgroundwater.cfm>

- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2007): Membrane Interface Probe - <http://clu-in.org/char/technologies/mip.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2008): Soil and Soil Gas Samplers - <http://clu-in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program (2007): Explosives <http://clu-in.org/char/technologies/exp.cfm>
- United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program (2008): Passive Diffusion Bag Samplers - <http://clu-in.org/char/technologies/passdiff.cfm>
- United States Environmental Protection Agency (2008): Operating Procedure Field Sampling Quality Control
- Ohio Environmental Protection Agency (2005): Technical Guidance for Ground Water Investigations, Chapter 15 Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling
- New Jersey Department of Environmental Protection (2005): Field Sampling Procedures Manual Chapter 9: Soil Gas Surveys
- United States Environmental Protection Agency (2006): Comparison of Geoprobe® PRT and AMS GVPSoil-Gas Sampling Systems with Dedicated Vapor Probes in Sandy Soils at the Raymark Superfund Site, 2006
- EPA (1997): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, Chapter 4, Soil Gas Surveys
- EPA (1998): Environmental Technology Verification Program, Verification Statement AMS Dual Tube Liner Sampler
- M. Sellwood, John M. Healey, Steffen Birk, and James J. Butler Jr.(2005): Direct-Push Hydrostratigraphic Profiling: Coupling Electrical Logging and Slug Tests, in: Ground Water
- United States Environmental Protection Agency (2005): Groundwater Sampling and Monitoring with Direct Push Technologies
- GEOPROBE: DP installation of devices for active Soil gas sampling an Monitoring 2006
- United States Environmental Protection Agency, Science and Ecosystem Support Division (2007): Operating Procedure Soil Gas Sampling
- ASTM D5314 Standard Guide for Soil Gas Monitoring in the Vadose Zone. In Annual Book of ASTM Standards Vol. 04.08. www.astm.org
- Klaus Knodel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007), Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin, S558-560
- Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida. S 381-392

- Von Richard Greenwood, Graham Mills, Bran Vrana (2007): Passive Sampling Techniques in Environmental Monitoring
- Bund- / Länderabreitngemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (2001): Arbeitshilfen Qualitätssicherung Teil 2.2, Gewinnung von Boden, Bodenluft und Grundwasserproben
- Environmental Protection Agency (1998): Environmental Technology Verification Report: Passive Soil Gas Sampler: GORE-SORBER Screening Survey
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2003): Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer.
- ASTM WK20503 - New Practice for Active Soil Gas Sampling for Direct Push or Manual-Driven Hand-Sampling Equipment
- British Columbia Ministry of Environment (2006): Technical Guidance on Contaminated Sites, Soil Vapor Investigations.
- Fallbeispiel: CH2MHILL (2007): Draft Plan Addendum: Supplemental Soil Gas, Crawlspace, and Ambient Air Sampling Work Plan Addendum 2
- Fallbeispiel: Blasland, Bouck & Lee Inc (2006): Former ABC Facility Tavellevast, Florida: Soil Vapor Surve Work Plan
- California Environmental Protection Agency (2003): Advisory – Active Soil Gas Investigations.
- K.U. Weber, M. Hamann, H. Kaiser (2001): GASSYS: A unique in-situ and passive gas sampling system from unsaturated soil and from groundwater
- Interstate Technology Regulatory Council (2006): Technology Overview of Passive Sampler Technologies
- Marc J. Zimmermann, Don A. Vroblesky, Kimberly W. Campo, Andrew J. Massey, W. Scheible (2003): Field Tests of Nylon-Screen Diffusion Samplers and Pushpoint Samplers for Detection of Materials in Sediment Pore Water, Ashland and Clinton, Massachusetts
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1998): VDI3865 Messen organischer Bodenverunreinigungen, Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1003): VDI 3865 Blatt1: Messen organischer Bodenverunreinigungen – Messplanung für die Untersuchung der Bodenluft auf leichtflüchtige organische Verbindungen
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2005): VDI3865 Messen organischer Bodenverunreinigungen, Messplanung für die Untersuchung der Bodenluft auf leichtflüchtige organische Verbindungen
- Brian Murphy, Robert D. Morrison (2007): Introduction to Environmental Forensics: A Forensic Approach, S. 100.
- Fallbeispiel: U. Uhlig, H. Kaiser(2005): Der Einsatz von GASSYS (Gassammelsystem) zur Bodenluft –und Grundwasserüberwachung am Beispiel eines Feldversuchs am Standort Schwarze Pumpe, In: Altlasten Spektrum 03/05

Environmental Protection Agency (1988): Soil Gas and Geophysical Techniques for Detection of Subsurface Organic Contamination - <http://www.hanford.gov/dqo/project/level5/01erg.pdf>

United States Environmental Protection Agency (1995): Superfund Program, Representative Sampling Guidance Volume 2: Air (Short Term Monitoring) - http://clu-in.org/download/char/SF_Rep_Samp_Guid_air.pdf

United States Navy Environmental Leadership Program (NELP)(1996): Petrex Passive Soil Gas and Sediment Vapor Sampling System - <http://www.nasni.navy.mil/nelp/NELPFS-7.PDF> 1996

Environmental Technology Verification Program Advanced Monitoring Systems Center Verified Technologies <http://www.epa.gov/etv/vt-ams.html#ssgst>

Missouri Department of Natural Resources (2005): Missouri Risk-Based Corrective Action (MRCBA) for Petroleum Storage Gas Tanks, Soil Gas Sampling Protocol - <http://www.dnr.mo.gov/env/hwp/tanks/docs/soil-gas-protocol-2005-04-21.pdf>

Leer-Consulting: Flux Chamber Sampling vor VOCs - http://www.leederconsulting.com/enviro_air_analysis_soil_gas_flux_chamber.html

Anhang 4

Typenblätter

Anhang 4.1

Typenblätter
Grundwasser

Anhang 4.1.1

Typenblätter

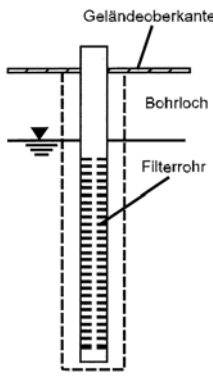
Aktive Verfahren: Pump-Probennahme

Anhang 4.1.1.1

Typenblatt

**Grundwasserprobenahme aus vollständig
verfilterten Grundwassermessstellen**

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen	
 DVWK 245/1997	Entnahme von Grundwasserproben aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen mittels Unterwassermotorpumpen. Oftmals über die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters ausgebaut.

Anwendungsgebiet
Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Geeignet zur Entnahme von Mischproben für eine informationsorientierte Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit
- Geeignet für eine tiefengewichtete Grundwasserprobennahme im Sinne einer Erkundung zur vertikalen Beschaffenheitsverteilung im verfilterten Grundwasserbereich
- Die Entnahme tiefenorientierter Grundwasserproben mit konventioneller Probennahmetechnik ist nicht möglich
- Nur in Ausnahmefällen und nur mit aufwendigen technischen Systemen zur Entnahme von tiefenorientierten Proben aus dem Grundwasserleiter geeignet.
- Nicht geeignet für eine prozessorientierte Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit (Monitored Natural Attenuation)

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Bei der Installation von neuen Grundwassermessstellen werden vollständig verfilterten Grundwassermessstellen nicht empfohlen
- Anordnung der Probennahmepumpe erfolgt entsprechend des vorrangig zu beprobenden Grundwasserbereich – Anordnung somit auch im Filterbereich möglich
- Grundwasserprobennahme nach Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums und nicht nach zusätzlichem Erreichen der Konstanz der Milieukennwerte bzw. Leitkenwerte (DVWK 245/1997; BWK-Merkblatt 5; LMBV-Merkblatt, 2007)
- Mindestabpumpzeit vor der Grundwasserprobennahme sollte 30 Minuten betragen
- Vorgabe der Einbautiefe der Grundwasserprobennahmepumpe:

$$Z_{Pt} = Z_W + Z_{PA} + 1\text{m}$$

mit: Z_{Pt} : Einbautiefe der Grundwasserprobennahmetechnik in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_W : Wasserspiegellage in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_{PA} : Prognostizierte Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle in m

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Fall eine Mindestdistanz zur Teufe der Grundwassermessstelle von 1 m eingehalten werden muss (Vermeidung der Aufwirbelung von Trübstoffen aus dem Bereich des Messstellensumpfrohres bzw. -bodens).

Entwicklungs-/Erfahrungsstand - Fortsetzung

Abschätzung der messstellenspezifischen Pumpenförderleistung (LMBV-Merkblatt, 2007)

$$Q_P = s \cdot k_f \cdot L_{FR} \cdot 20 \cdot F_F$$

- mit: s: Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle
 Q_P : Volumenstrom der Grundwasserprobennahmetechnik in l/min
 k_f : k_f -Wert des Grundwasserleiters (s. Tab.1)
 F_F : Filterflächenfaktor (s. Tab.2)
 L_{FR} : Länge des Filterrohres
 die Reichweiten- und Geometrieabhängigkeit ist in dem Faktor (20) enthalten

Tab.1: k_f -Wertabschätzung nach DIN 4220 Teil 2

Bodenart	k_f -Wert in m/s
schluffiger Sand	$2 \cdot 10^{-6} \dots 8 \cdot 10^{-6}$
Feinsand	$2 \cdot 10^{-5} \dots 8 \cdot 10^{-5}$
Mittelsand	$1 \cdot 10^{-4} \dots 8 \cdot 10^{-4}$
Grobsand	$2 \cdot 10^{-3} \dots 8 \cdot 10^{-3}$

Tab. 2: Filterflächenfaktor in Abhängigkeit der Filterart

Material	Lochungsart	Filterflächenfaktor
PVC/ PEHD	Schlitzung 0,2 bis 3,0 mm	0,08 bis 0,13
Spezialfilter	Maschenweite 0,1 bis 0,6 mm	0,07 bis 0,23
Stahl	Wickeldrahtschlitzung 0,1 bis 3,0 mm	0,35 bis 0,40
	Schlitzbrücke 1 bis 4 mm	bis 0,15
	Schlitzlochung 1 bis 4 mm	bis 0,12
Filterrohr mit Kiesbelag	Schlitzung entsprechend Filterrohr	0,07 bis 0,23

Tagesleistung

Abschätzung der Tagesleistung gemäß nachfolgender Gleichung

$$t_{PN} = V_F / Q_P + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} + t_U$$

- mit: t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe in min
 V_F - Abzupumpendes Filtervolumen in l
 Q_P - Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe in l/min
 t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe in min
 t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (z.B. K_S -/ K_B -Wert) in min
 t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min
 t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

Bei einer vernachlässigbaren Vertikalströmung im Filterrohr und Ringraum sowie bekannter geohydraulischer Kennwerte können vollständig verfilterte Grundwassermessstellen unter Anwendung folgender Verfahren zur Entnahme teufenorientierter Grundwasserproben verwendet werden (Ausnahmefälle):

- ⇒ Verwendung mehrerer parallel zu betreibender und durch Packer untereinander hydraulisch getrennter Probennahmepumpen, die nach dem Trennstromprinzip betrieben werden.
- ⇒ In-Line-Packer mit Minipumpen
- ⇒ Siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- Mangelhafte Formulierung der Zielstellung.
- Nicht vorhandene bzw. geprüfte Ausbauunterlagen für die zu beprobenden Grundwassermessstellen.
- Fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden.
- Keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten.
- Anordnung der Probennahmepumpe im oberen, wasserführenden Vollrohrbereich (weit oberhalb der Filteroberkante) wodurch bei undichten Rohrverbindungen eine Fremdwasserbeprobung nicht auszuschließen ist.
- Mangelhafte Dokumentation der Grundwasserprobennahme.

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen
- Messstellenspezifisch festgelegtes Wasservolumen, das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpen ist (hydraulisches Abbruchkriterium)
- Messstellenspezifisch festgelegte Wasserspiegelabsenkung
- Messstellenspezifisch festgelegte Pumpenförderleistung, wobei diese zu verringern ist, wenn die Wasserspiegelabsenkung bei dem Soll-Wert in Folge Messstellenalterung größer ist. In diesem Fall ist die Pumpenförderleistung so weit zu reduzieren, bis der Soll-Wert der Wasserspiegelabsenkung wieder erreicht wurde.
- Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit

Prüfverfahren

- Soll-Ist-Vergleich
- Prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte
- Prüfung der Analysenergebnisse auf Hinweise der Stoffverschleppung

Dokumentation der Ergebnisse

- Probennahmeprotokoll
- Digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Pumpenförderleistung (Durchfluss), abgepumpten Wasservolumen und Wasserspiegelabsenkung

Plausibilitätskriterien

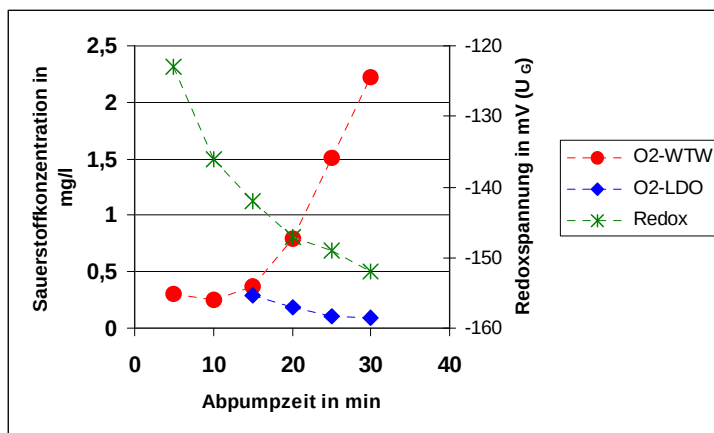
- Prüfung der Reihenfolge der entnommenen Grundwasserproben (Analysenwerte) auf Indizien einer Stoffverschleppung
- Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für hydraulisches Abbruchkriterium: $\pm 10\%$ vom Soll-Wert
- Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für Wasserspiegelabsenkung: ± 5 cm vom Soll-Wert
- Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung in Zusammenhang mit der Wasserspiegelabsenkung

Qualitätskontrolle - Fortsetzung

Plausibilitätskriterien - Fortsetzung

⇒ Bei Redoxspannungen < -100 mV und einem ansteigender Sauerstoffgehalt ist dieser zurückzuführen auf:

- undichte Rohrverbindungen im Vollrohrbereich der Grundwassermessstelle
- undichte Rohrverbindungen in der Steigleitung der Grundwasserprobennahmepumpe, wodurch sauerstoffhaltiges Wasser der Pumpe aus dem Vollrohrbereich zuströmt
- zu stark abgesenkter Grundwasserspiegel in der Grundwassermessstelle, wodurch sauerstoffhaltiges Wasser aus dem Vollrohrbereich der Pumpe zuströmt (zu geringe Einbautiefe der Pumpe). Die Einbautiefe sollte stets 1 m unter der maximalen Grundwasserabsenkung in der Grundwassermessstelle betragen (Hauptursache).
- Bei geringen Redoxspannungen versagt die Sauerstoffsonde (Clark-Elektrode, Hauptursache).



„LDO“: Luminescent Dissolved Oxygen, optisches Verfahren

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
- ⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. S. 5 ff.)
- ⇒ Grafische Auswertung der Probennahmedaten (s. S. 5 ff.)

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK-Merkblatt 245/1997 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“
- ⇒ BWK-Merkblatt 5
- ⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

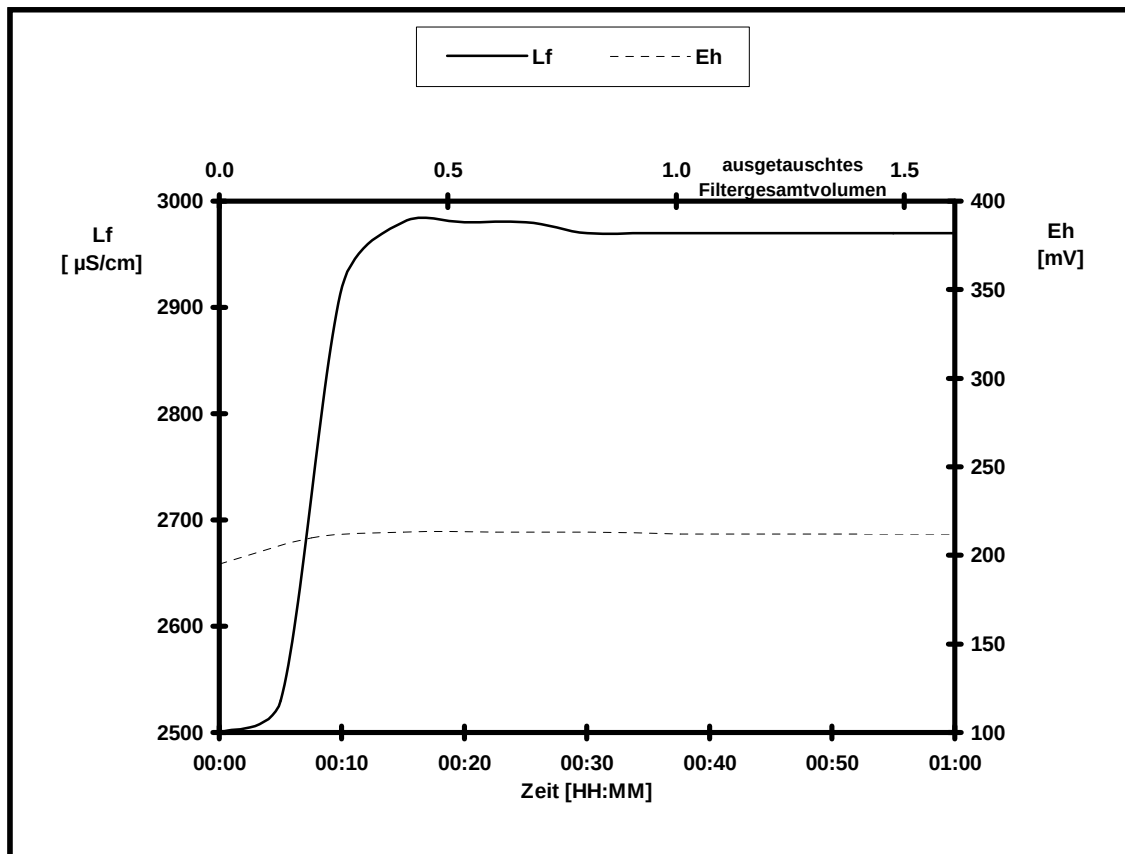


Abb. 1: Verlauf der Leitparameter elektrische Leitfähigkeit Lf und Redoxpotential Eh (on site) während der Abpumpphase

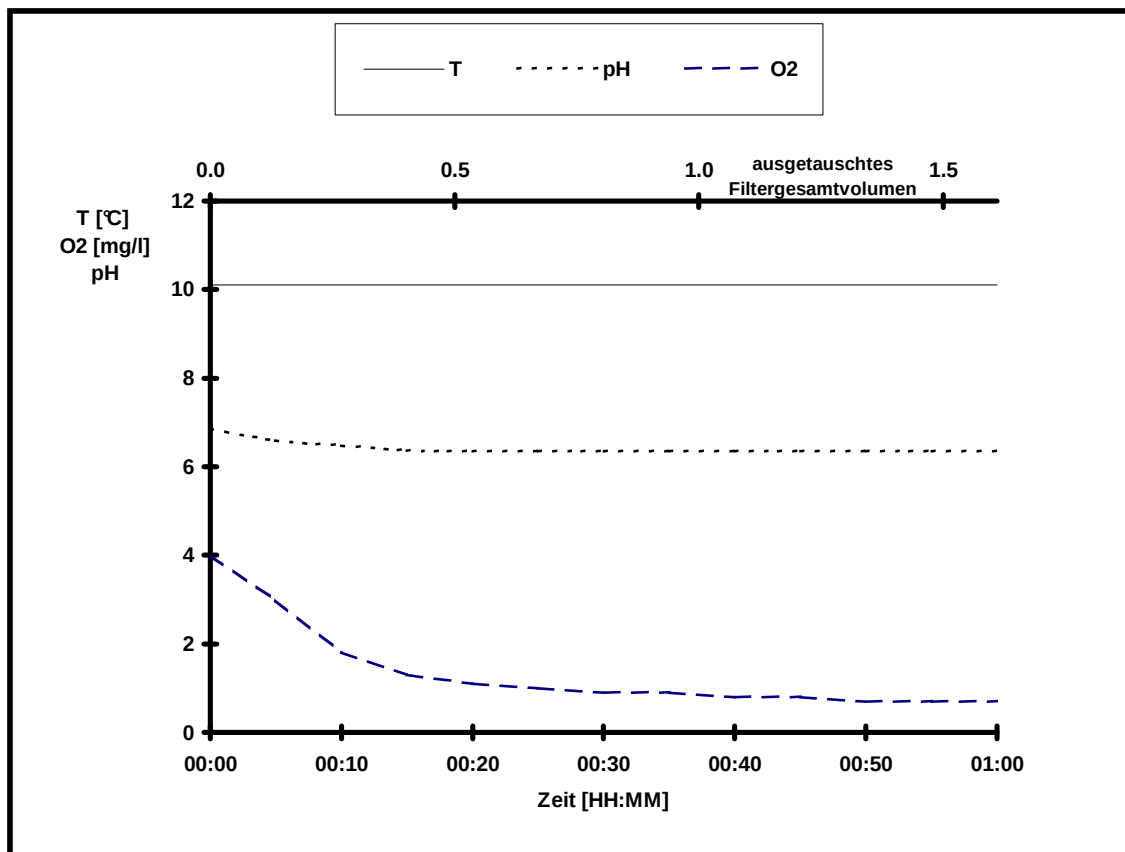


Abb. 2: Verlauf der Leitparameter Temperatur (T in situ) pH-Wert (pH) und Sauerstoff (O2 on site) während der Abpumpphase

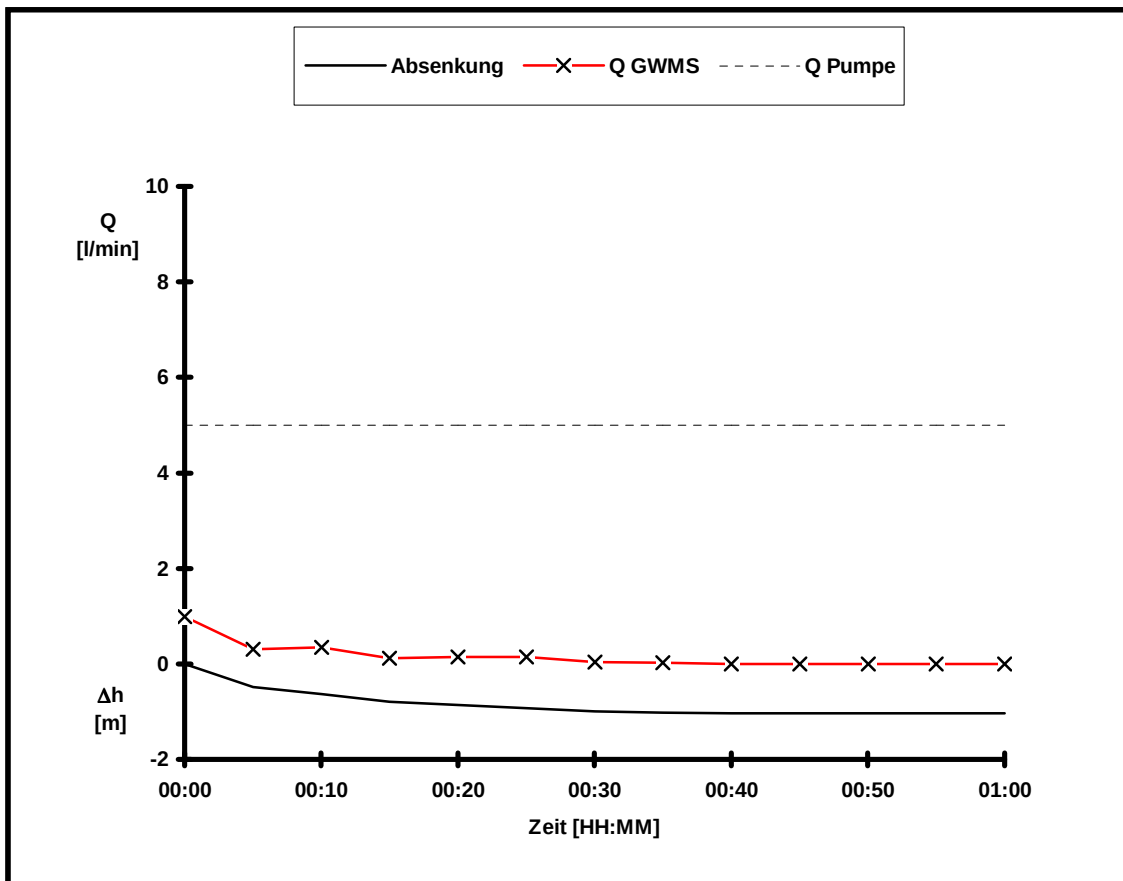


Abb. 3: Verlauf der Absenkung, des Förderstromes der Unterwassermotorpumpe (Q_{Pumpe}) sowie des Anteils am Förderstrom, der aus der Absenkung in der Grundwassermessstelle resultiert (Q_{GWMS})

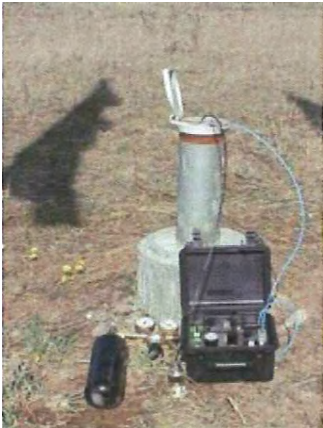
PROBENNAHMEPROTOKOLL - Grundwasser																																																																																							
Datum:		Uhrzeit:		Proben-Nr.																																																																																			
Objekt:			Auftr.geb.:																																																																																				
Bezeichnung der Meßstelle:				sonst. Nr.:																																																																																			
Lage:	RW:		HW:																																																																																				
Kartengrundlage:	TK 25' Nr.		TK 10' Nr.																																																																																				
Art der Messstelle: (Bitte ankreuzen) Einf.messst.: Messst.-gruppe: Messst.-bündel.: Ausbaumaterial: Messpunkt: [m ü NN] Filterlage: [m u MPkt.] von: bis: Rohr-/Schachtdurchmesser: cm Datum GW-Spiegel: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">1. Tag</td> <td style="width: 15%;">(nur bei</td> <td style="width: 20%;"> </td> <td style="width: 15%;"> </td> <td style="width: 15%;">m</td> </tr> <tr> <td>2. Tag</td> <td>3 x Ab-</td> <td> </td> <td> </td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>3. Tag</td> <td>pumpen)</td> <td> </td> <td> </td> <td>m</td> </tr> <tr> <td colspan="2">vor PN:</td> <td> </td> <td> </td> <td>m</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nach PN:</td> <td> </td> <td> </td> <td>m</td> </tr> </table> Teufe der Messstelle: Ausbau [m]: gelotet [m]:						1. Tag	(nur bei			m	2. Tag	3 x Ab-			m	3. Tag	pumpen)			m	vor PN:				m	nach PN:				m																																																									
1. Tag	(nur bei			m																																																																																			
2. Tag	3 x Ab-			m																																																																																			
3. Tag	pumpen)			m																																																																																			
vor PN:				m																																																																																			
nach PN:				m																																																																																			
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Beprobter Bereich:</th> <th style="width: 15%;">Mischwasser</th> <th style="width: 15%;">Entnahmetiefe [m]</th> <th style="width: 15%;">ob. Bereich</th> <th style="width: 15%;">mittl. Bereich</th> <th style="width: 15%;">unt. Bereich</th> </tr> <tr> <td></td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th style="width: 25%;">Art der Probenahme:</th> <th style="width: 15%;">Doppelkolben-pumpe</th> <th style="width: 15%;">Kreiselpumpe</th> <th style="width: 15%;">aus Zapfhahn</th> <th style="width: 15%;">Saugen</th> <th style="width: 15%;">Schöpfen</th> </tr> <tr> <td>(Bitte ankreuzen bzw. Pumpentyp angeben)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Abpumpen: Förderstrom [l/min]: Dauer [min]: Volumen [m³]: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 15%;">Sofortanalytik:</th> <th style="width: 15%;">GW-Temperatur [°C]</th> <th style="width: 15%;">Luft-Temp. [°C]</th> <th style="width: 15%;">pH-Wert</th> <th style="width: 15%;">el. Leitfäh. [µS/cm]</th> <th style="width: 15%;">Sauerstoff [mg/l]</th> <th style="width: 15%;">Redoxpotential [mV]</th> </tr> <tr> <td></td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Wahrnehmungen an der Probe (Bitte ankreuzen) Färbung: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">farblos</td> <td style="width: 15%;">weiß</td> <td style="width: 15%;">grau</td> <td style="width: 15%;">gelb</td> <td style="width: 15%;">braun</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Trübung: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">keine</td> <td style="width: 15%;">schwach</td> <td style="width: 15%;">mittel</td> <td style="width: 15%;">stark</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Geruch: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">ohne</td> <td style="width: 15%;">aromatisch</td> <td style="width: 15%;">faulig</td> <td style="width: 15%;">jauchig</td> <td style="width: 15%;">chemisch</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Ausgasung: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">ja</td> <td style="width: 15%;">nein</td> <td style="width: 15%;">ja</td> <td style="width: 15%;">nein</td> <td style="width: 15%;">n. Chlor</td> <td style="width: 15%;">n. Min.Öl</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Bodensatz: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"> </td> <td style="width: 15%;"> </td> <td style="width: 15%;"> </td> <td style="width: 15%;"> </td> </tr> </table>						Beprobter Bereich:	Mischwasser	Entnahmetiefe [m]	ob. Bereich	mittl. Bereich	unt. Bereich							Art der Probenahme:	Doppelkolben-pumpe	Kreiselpumpe	aus Zapfhahn	Saugen	Schöpfen	(Bitte ankreuzen bzw. Pumpentyp angeben)						Sofortanalytik:	GW-Temperatur [°C]	Luft-Temp. [°C]	pH-Wert	el. Leitfäh. [µS/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Redoxpotential [mV]								farblos	weiß	grau	gelb	braun						keine	schwach	mittel	stark					ohne	aromatisch	faulig	jauchig	chemisch						ja	nein	ja	nein	n. Chlor	n. Min.Öl										
Beprobter Bereich:	Mischwasser	Entnahmetiefe [m]	ob. Bereich	mittl. Bereich	unt. Bereich																																																																																		
Art der Probenahme:	Doppelkolben-pumpe	Kreiselpumpe	aus Zapfhahn	Saugen	Schöpfen																																																																																		
(Bitte ankreuzen bzw. Pumpentyp angeben)																																																																																							
Sofortanalytik:	GW-Temperatur [°C]	Luft-Temp. [°C]	pH-Wert	el. Leitfäh. [µS/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Redoxpotential [mV]																																																																																	
farblos	weiß	grau	gelb	braun																																																																																			
keine	schwach	mittel	stark																																																																																				
ohne	aromatisch	faulig	jauchig	chemisch																																																																																			
ja	nein	ja	nein	n. Chlor	n. Min.Öl																																																																																		

Anhang 4.1.1.2

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Low-Flow-Purging und Sampling

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels low flow purging and sampling	
 (Quelle: Innovative Messtechnik Dr. Weiss)	Entnahme von Grundwasserproben aus Grundwassermessstellen mit minimalem Volumenstrom (und minimaler Grundwasserspiegelabsenkung) mittels Spezialprobennahmepumpen (Minipumpen mit einstellbarer Förderleistung) Diese Methode ist ebenfalls bekannt unter dem Begriff „minimal drawdown purging“ (Grundwasserprobennahme mit minimaler Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle) oder „low-stress purging“ (sanfte Grundwasserprobennahme).

Anwendungsgebiet

Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Das Verfahren basiert auf der Annahme, dass die Wasserbeschaffenheit in der Grundwassermessstelle gleich der Grundwasserbeschaffenheit außerhalb der Messstelle ist, dass in der Grundwassermessstelle keine Vertikalströmung existiert und dass beim Einbau der Probennahmetechnik die Wassersäule in der Grundwassermessstelle unbeeinflusst bleibt.
- Typische Pumpraten sind von ca. 0,1 bis 0,5 L/min, die jedoch in Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen und Messstellenspezifischen Faktoren abhängt. Einige sehr grob strukturierte Grundwasserbereiche (Anmerkung der Bearbeiter: rollig) konnten mit der genannten Verfahrensweise erfolgreich beprobt werden, wobei Pumpraten von bis zu 1 L/min verwendet wurden.
- Das Verfahren ist nicht geeignet für Grundwassermessstellen mit einer sehr geringen hydraulischen Ergiebigkeit. Gekennzeichnet sind diese dadurch, dass während des Abpumpens nach dem low-flow purging sampling Verfahren kein konstanter Wasserspiegel in der Grundwassermessstelle erzielt werden kann. Diese Einschränkung ist vor allem eine Funktion der Pumpraten verfügbarer Pumpen und dem Volumen der verwendeten Durchflussszellen für die Überwachung der Leitkennwerte.
- Das Verfahren setzt die Verwendung von Pumpen mit variabler Förderrate in dem erforderlichen Bereich voraus. Low-flow purging kann nicht mit Schöpfern oder Probennahmesystemen durchgeführt werden, die ein mehrmaliges Durchteufen der Wassersäule in der Grundwassermessstelle erfordern. Die dadurch verursachte Durchmischung des Standwassers mit dem zu beprobenden Wasser aus dem Filterbereich verursacht eine Trübung in der entnommenen Wasserprobe.
- Für einige Anwendungen verursacht die Verwendung von Durchflussszellen möglicherweise eine Kostenerhöhung, bedingt durch die geringfügig längeren Installationszeiten der Probennahmetechnik und Ausrüstungskosten (Grundmittelkosten).
- Das low-flow purging and sampling Verfahren erfordert eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Wasserstandsmessung, ohne die Wassersäule zu durchmischen bzw. die Trübung zu erhöhen. Die erforderliche Messgenauigkeit beträgt ± 3 mm.
- Bedingt durch die sehr geringen Förderraten und die daraus resultierende langfristig wirkende Druckentlastung des zu beprobenden Grundwassers ist zu prüfen, ob dadurch Verluste an gelösten Gasen, leicht flüchtigen Inhaltsstoffen und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe auftreten, welche einen signifikanten Einfluss auf die Repräsentativität der Grundwasserprobe haben können.

- Nicht geeignet für die Entnahme von repräsentativen Grundwasserproben aus klassisch ausgebauten Grundwassermessstellen (großer Bohrdurchmesser, Ringraumverfüllung).
- Die Erzielung reproduzierbarer, vergleichbarer Grundwasserprobennahmen ist auf Grund des fehlenden hydraulischen Abbruchkriteriums eingeschränkt.
- Das Verfahren ist geeignet für Messstellen mit kleinem Innendurchmesser, kurzem Filterbereich und ohne Ringraumverfüllung (als Messstellen ausgebauten Sondierkanäle bzw. Rammpegel).
- Bevorzugte Anwendung bei fest installierter Probennahmetechnik mit gegenüber dem Vollrohrbereich abgepackten Filterbereich.

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Verfahren wurde in den USA entwickelt und dort seit 2004 im ASTM D 6771-02 „Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations“ fixiert
- In Deutschland gibt es hierzu noch keinen belastbaren Erfahrungsstand
- Grundwasserprobennahme erfolgt nach Erreichung der Konstanz der Leitkennwerte

Tagesleistung

Abschätzung der Tagesleistung:

Dadurch bedingt, dass die Probennahme in alleiniger Abhängigkeit konstanter Leitkennwerte erfolgt, ist die Tagesleistung nur bedingt abschätzbar.

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

Siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (*worauf muss geachtet werden*, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1).

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen
- ⇒ Messstellenspezifisch festgelegte Wasserspiegelabsenkung
- ⇒ Messstellenspezifisch festgelegte Pumpenförderleistung, wobei diese zu verringern ist, wenn die Wasserspiegelabsenkung bei dem Soll-Wert in Folge Messstellenalterung größer ist. In diesem Fall ist die Pumpenförderleistung so weit zu reduzieren, bis der Soll-Wert der Wasserspiegelabsenkung wieder erreicht wurde.
- ⇒ Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Trübung

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll
- ⇒ Digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Pumpenförderleistung (Durchfluss) und Wasserspiegelabsenkung

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für Wasserspiegelabsenkung: ± 3 mm vom Soll-Wert
- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung in Zusammenhang mit der Wasserspiegelabsenkung
- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
- ⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

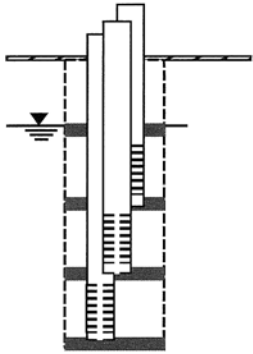
- ⇒ ASTM D 6771-02 „Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations“
- ⇒ BGD-Bericht “Probennahme aus schwer zulaufenden Messstellen – Literaturrecherche“, 2006 (s. Anhang 4.1.4.1 Typenblatt „Grundwasserprobennahme aus hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern“)

Anhang 4.1.1.3

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündel	
 (Quelle: DVWK 245/1997)	Tiefenorientierte Entnahme von Grundwasserproben mittels Unterwassermotorpumpen aus Messstellenbündel. Messstellenbündel bestehen aus mehreren, in unterschiedlichen Tiefen verfilterten und in einer Bohrung installierten Messstellenrohren. Die einzelnen Entnahmehorizonte müssen durch Dichtungen voneinander getrennt sein.

Anwendungsgebiet
Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Bedingt durch den großen Bohrdurchmesser ist vor der eigentlichen Grundwasserprobennahme ein im Vergleich zu anderen Messstellenarten mit vergleichbarer verfilterter Länge ein wesentlich größeres Wasservolumen abzupumpen, um das hydraulische Abbruchkriterium zu erreichen. Dadurch bedingt ergeben sich höhere Betriebskosten (unter anderem aus Abpumpdauer, gegebenenfalls entstehende Entsorgungskosten für das abgepumpte Wasser, Energiebereitstellung).
- Bei nicht vorhandenen, unwirksamen oder falsch platzierten Dichtungen im Ringraum gelten Forderungen für voll verfilterte Grundwassermessstellen (s. Typenblatt, Anh. 4.1.1.1)

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Bei der Installation von neuen Grundwassermessstellen werden Messstellenbündel nicht empfohlen.
 - Bei großen Überwachungstiefen ist jedoch der Einsatz von Messstellenbündel abzuwägen. Dies sollte durch einen Vergleich der Installationskosten mit den Betriebskosten erfolgen. So kann es durchaus möglich sein, dass beim Vergleich mit einer Messstellengruppe (s. Typenblatt, Anh. 4.1.1.4) die Installationskosten zwar geringer jedoch die Betriebskosten höher sind (bedingt durch das größere Wasservolumen, dass vor der Probennahme abzupumpen und gegebenenfalls zu entsorgen ist)
 - Bei Messstellenbündeln ist die Wirksamkeit der Dichtungen nachzuweisen, da nur dann eine tiefenorientierte Grundwasserprobennahme möglich ist.
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Tagesleistung

- Abschätzung der Tagesleistung:
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- Bei einer Entnahme von Grundwasserproben, die auf gelöste Gase, leicht flüchtige Inhaltsstoffe, Spurenstoffe und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe analysiert werden sollen:
- ⇒ Siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- Keine bzw. mangelhafte Wirksamkeit der Vertikaldichtungen:
- ⇒ Siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- Während der Grundwasserprobennahme in einem Messstellenrohr sind die anderen hinsichtlich ihrer Wasserspiegelabsenkung zu kontrollieren. Wurden die Filterbereiche der einzelnen Messstellenrohre in unterschiedlichen Grundwasserleitern ausgebaut, so dürfen in den nicht beprobten Messstellenrohren keine Wasserspiegelabsenkungen festgestellt werden. Ist dies nicht der Fall, so ist davon auszugehen, dass die betreffende Ringraumdichtung unwirksam ist. Dadurch wird eine Parallelbeprobung erforderlich.

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Prüfverfahren

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Dokumentation der Ergebnisse

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Plausibilitätskriterien

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

⇒ Akkreditierung nach DIN EN 17025:2005

⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

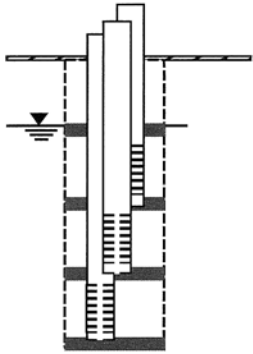
⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

⇒ DVWK-Merkblatt 245/1997 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“

⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündel	
 (Quelle: DVWK 245/1997)	Tiefenorientierte Entnahme von Grundwasserproben mittels Unterwassermotorpumpen aus Messstellenbündel. Messstellenbündel bestehen aus mehreren, in unterschiedlichen Tiefen verfilterten und in einer Bohrung installierten Messstellenrohren. Die einzelnen Entnahmehorizonte müssen durch Dichtungen voneinander getrennt sein.

Anwendungsgebiet

Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Bedingt durch den großen Bohrdurchmesser ist vor der eigentlichen Grundwasserprobennahme ein im Vergleich zu anderen Messstellenarten mit vergleichbarer verfilterter Länge ein wesentlich größeres Wasservolumen abzupumpen, um das hydraulische Abbruchkriterium zu erreichen. Dadurch bedingt ergeben sich höhere Betriebskosten (unter anderem aus Abpumpdauer, gegebenenfalls entstehende Entsorgungskosten für das abgepumpte Wasser, Energiebereitstellung).
- Bei nicht vorhandenen, unwirksamen oder falsch platzierten Dichtungen im Ringraum gelten Forderungen für voll verfilterte Grundwassermessstellen (s. Typenblatt, Anh. 4.1.1.1)

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Bei der Installation von neuen Grundwassermessstellen werden Messstellenbündel nicht empfohlen.
 - Bei großen Überwachungstiefen ist jedoch der Einsatz von Messstellenbündel abzuwägen. Dies sollte durch einen Vergleich der Installationskosten mit den Betriebskosten erfolgen. So kann es durchaus möglich sein, dass beim Vergleich mit einer Messstellengruppe (s. Typenblatt, Anh. 4.1.1.4) die Installationskosten zwar geringer jedoch die Betriebskosten höher sind (bedingt durch das größere Wasservolumen, dass vor der Probennahme abzupumpen und gegebenenfalls zu entsorgen ist)
 - Bei Messstellenbündeln ist die Wirksamkeit der Dichtungen nachzuweisen, da nur dann eine tiefenorientierte Grundwasserprobennahme möglich ist.
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Tagesleistung

- Abschätzung der Tagesleistung:
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- Bei einer Entnahme von Grundwasserproben, die auf gelöste Gase, leicht flüchtige Inhaltsstoffe, Spurenstoffe und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe analysiert werden sollen:
- ⇒ Siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- Keine bzw. mangelhafte Wirksamkeit der Vertikaldichtungen:
- ⇒ Siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- Während der Grundwasserprobennahme in einem Messstellenrohr sind die anderen hinsichtlich ihrer Wasserspiegelabsenkung zu kontrollieren. Wurden die Filterbereiche der einzelnen Messstellenrohre in unterschiedlichen Grundwasserleitern ausgebaut, so dürfen in den nicht beprobten Messstellenrohren keine Wasserspiegelabsenkungen festgestellt werden. Ist dies nicht der Fall, so ist davon auszugehen, dass die betreffende Ringraumdichtung unwirksam ist. Dadurch wird eine Parallelbeprobung erforderlich.

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Prüfverfahren

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Dokumentation der Ergebnisse

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Plausibilitätskriterien

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

⇒ Akkreditierung nach DIN EN 17025:2005

⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

⇒ DVWK-Merkblatt 245/1997 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“

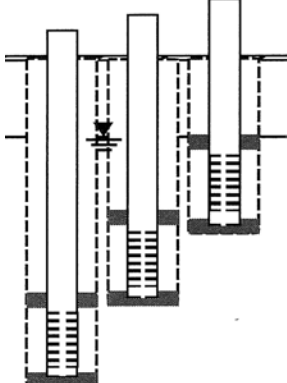
⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

Anhang 4.1.1.4

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus Messstellengruppen

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus Messstellengruppen	
 (Quelle: DVWK 245/1997)	Tiefenorientierte Entnahme von Grundwasserproben mittels Unterwassermotorpumpen aus Messstellengruppen.

Anwendungsgebiet

Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Bedingt durch den geringen Bohrdurchmesser ist vor der eigentlichen Grundwasserprobennahme ein im Vergleich zu Messstellenbündeln und vollständig verfilterten Messstellenarten ein wesentlich geringeres Wasservolumen abzupumpen, um das hydraulische Abbruchkriterium zu erreichen. Dadurch bedingt ergeben sich geringere Betriebskosten (unter anderem aus Abpumpdauer, gegebenenfalls entstehende Entsorgungskosten für das abgepumpte Wasser, Energiebereitstellung).
- Bei nicht vorhandenen, unwirksamen oder falsch platzierten Dichtungen im Ringraum gelten Forderungen für vollständig verfilterte Grundwassermessstellen (s. Typenblatt Anh. 4.1.1.1)

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Bei der Installation von neuen Grundwassermessstellen werden Messstellengruppen empfohlen.
 - Bei großen Überwachungstiefen ist jedoch der Einsatz von Messstellenbündeln abzuwägen. Dies sollte durch einen Vergleich der Installationskosten mit den Betriebskosten erfolgen. So kann es durchaus möglich sein, dass beim Vergleich mit einer Messstellenbündel (s. Typenblatt Anh. 4.1.1.3) die Installationskosten zwar höher jedoch die Betriebskosten geringer sind (bedingt durch das geringere Wasservolumen, dass vor der Probennahme abzupumpen und gegebenenfalls zu entsorgen ist)
 - Bei Messstellengruppen ist die Lage der Dichtungen im unmittelbaren Bereich der Filterober- und -unterkante sowie deren Wirksamkeit nachzuweisen, da nur dann eine tiefenorientierte Grundwasserprobennahme möglich ist. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Grundwassermessstellen, deren verfilterter Bereich im oberen Grundwasserleiter ausgebaut wurde, jedoch eine wirksame Dichtung unterhalb des Messstellenkopfes bzw. im Bereich des Grundwasserstauers nachgewiesen wurde, keine zusätzliche Dichtung im unmittelbaren Bereich der Filteroberkante aufweisen müssen, um diese für eine repräsentative Grundwasserprobennahme verwenden zu können. Dies ist jedoch stets fallbezogen zu prüfen.
- ⇒ Siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Tagesleistung

- Abschätzung der Tagesleistung:
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- Bei einer Entnahme von Grundwasserproben, die auf gelöste Gase, leicht flüchtige Inhaltstoffe, Spurenstoffe und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe analysiert werden sollen:
⇒ Siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- keine bzw. mangelhafte Wirksamkeit der Vertikaldichtungen (s. Entwicklungs-/ Erfahrungsstand)
⇒ Siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Prüfverfahren

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN 17025:2005
- ⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

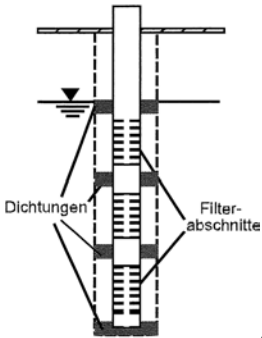
- DVWK-Merkblatt 245/1997 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“
- LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

Anhang 4.1.1.5

Typenblatt

**Grundwasserprobennahme aus
mehrfach verfilterten Messstellen**

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus mehrfach verfilterten Grundwassermessstellen	
 (Quelle: DVWK 245/1997)	Entnahme von tiefenorientierten Grundwasserproben aus mehrfach verfilterten Grundwassermessstellen mittels Unterwassermotorpumpen. Einzelne Filterbereiche sind durch Dichtungen im Ringraum hydraulisch voneinander abgetrennt.

Anwendungsgebiet

Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- Bei nicht vorhandenen oder falsch platzierten Dichtungen im Ringraum gelten Forderungen für vollständig verfilterte Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1).
- Eine sachgerechte Beprobung ist nur mittels Doppel- oder Mehrfachpacker möglich. Gegebenenfalls ist in Abhängigkeit der geohydraulischen Gegebenheiten eine parallele Beprobung aller Filterbereiche erforderlich, um den Anforderungen einer tiefenorientierten Probennahme zu genügen (Verwendung mehrerer parallel zu betreibender und durch Packer untereinander hydraulisch getrennter Probennahmepumpen, die nach dem Trennstromprinzip betrieben werden).
- Auch zwischen den Probennahmezeitpunkten ist ein vertikaler Stoffaustausch zwischen den einzelnen Filterbereichen dauerhaft zu verhindern. Dies erfolgt in Abhängigkeit von der Anzahl der Filterbereiche durch Doppel- oder Mehrfachpacker.

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Generell, ist die Verwendung von Packern und deren permanenter Verbleib in der Grundwassermessstelle zur dauerhaften Unterbindung von Vertikalströmungen innerhalb der Messstelle zwingend erforderlich.
- Verwendung von In-Line-Packern
- Grundwasserprobennahme nach Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums (DVWK 245/1997; BWK-Merkblatt 5; LMBV-Merkblatt, 2007)
- Sind Umläufigkeiten durch den Ringraum zu erwarten (bei fehlenden Dichtungen), sind während der Probennahme Schutzbeprobungen oberhalb und unterhalb des Probennahmepunktes durchzuführen (Verwendung mehrerer parallel zu betreibender und durch Packer untereinander hydraulisch getrennter Probennahmepumpen, die nach dem Trennstromprinzip betrieben werden).

Tagesleistung

- Abschätzung der Tagesleistung:
- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- Bei einer Entnahme von Grundwasserproben, die auf gelöste Gase, leicht flüchtige Inhaltsstoffe, Spurenstoffe und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe analysiert werden sollen:
⇒ siehe Typenblatt: Sonderprobennahme-Druckhaltender Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- Verwendung von undichten, zu kurzen bzw. falsch angeordneten Packern mit daraus resultierender Umströmung
⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)
- ⇒ Parallele Probennahme mit gleichen Förderraten

Prüfverfahren

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN 17025:2005
- ⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK-Merkblatt 245/1997 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“
- ⇒ BWK-Merkblatt 5
- ⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

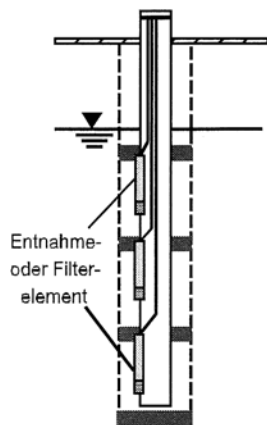
Anhang 4.1.1.6

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Sondermessstellen



(Quelle: DVWK 245/1997)

Tiefenorientierte Entnahme von Grundwasserproben mit hoher vertikaler Auflösung. Als Sondermessstellen werden solche Grundwassermessstellen bezeichnet, bei denen die Filterelemente im Bohrloch stationär (meist punktförmig) angeordnet sind. Dabei wird entsprechend der Anordnung des Förderelementes unterschieden in:

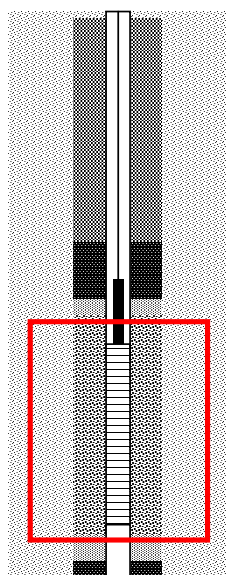
- Integriert im Filterelement (verlorener Ausbau)
- Mobile Anordnung und
- Oberirdische Anordnung

Anwendungsgebiet

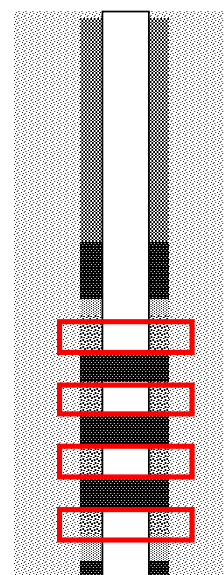
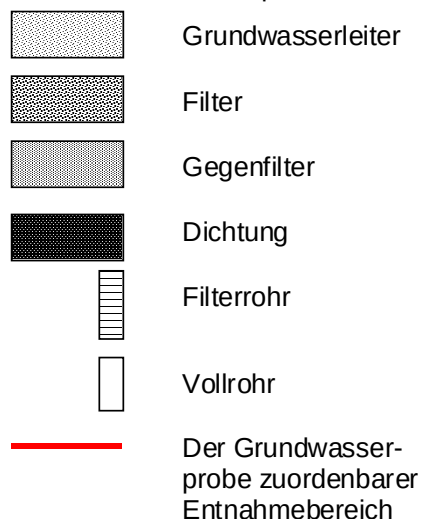
- prozessbezogene Grundwasserüberwachung, wobei die Ermittlung von Korrelationsbeziehungen zwischen hydrogeologischen sowie biochemischen Gegebenheiten und daraus resultierender Einwirkung auf die Beschaffenheitsveränderung des Grundwassers für eine Prozessanalyse im Sinne von natural attenuation im Mittelpunkt der Betrachtung stehen
- Monitored Natural Attenuation, jedoch mehr als Leitmessstellen (s.u.)

Anwendungsgrenzen

- Installation und Betrieb erfordern detaillierte Kenntnisse über die geohydraulische Struktur und biochemischen Gegebenheiten des zu überwachenden Grundwasserbereiches
- Keine direkte Vergleichbarkeit zur Pumpprobennahme aus klassischen Grundwassermessstellen, da unterschiedliche Grundwasserbereiche beprobt werden:



Einzelmessstellen,
Messstellenbündel und
Messstellengruppen



Sondermessstellen
(Multiprobennahmesysteme)

- Vergleich mit Pumpprobennahme aus klassischen Grundwassermessstellen erfordert zustromgewichtete Mittelung der analysierten Beschaffenheitsanteile

Anwendungsgrenzen - Fortsetzung

- Besonders geeignet für Grundwasserprobennahmen, bei denen folgende, auf die Repräsentativität einer Probe einwirkende Faktoren minimiert bzw. ausgeschlossen werden sollen (Leitmessstellen):
 - Querkontamination zwischen den einzelnen Probennahmestellen
 - Materialeffekte durch die Probennahmetechnik
 - Einfluss der Vertikalströmung in der Messstelle und daraus resultierende Verfrachtung von Wasserinhaltsstoffen zwischen den zu beprobenden Horizonten und Probennahmezeitpunkten
 - Einfluss des Sauerstoffeintrages über den Vollrohrbereich in den zu beprobenden Grundwasserbereich zwischen den Probennahmezeitpunkten mit daraus resultierender Veränderung des zu beprobenden Grundwasserbereiches infolge oxidativer Prozesse (vor allem bei hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern)
 - bei Sondermessstellen mit mobiler Anordnung des Förderelementes kann zusätzlich der Verlust im zu beprobenden Grundwasser gelöster Gase, leicht flüchtiger Inhaltsstoffe sowie auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe verhindert werden

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- Als Förderelemente werden häufig Membranpumpen und Minipumpen mit kontinuierlichen bzw. diskontinuierlichen Betrieb sowie druckhaltende Schöpfer verwendet.
- Parallele Beprobung aller Entnahmeports.
- Das vor der Probennahme abzupumpende Wasservolumen wird messstellenspezifisch vorgegeben.
- Folgende Sondermessstellen-Systeme sind gegenwärtig verfügbar:

System	Kurzcharakteristik
WESTBAY-System	Ausbau direkt in der Bohrung; mobiles Förderelement (druckhaltender Schöpfer) – s. Anhang 4.1.1.6.1
SGM-System der UIT GmbH	Ausbau direkt in der Bohrung; stationäre Förderelemente (Membranpumpe); Verwendung eines druckhaltenden Schöpfers ist nicht möglich – s. Anhang 4.1.1.6.2
In-Line-Packer der im-Dr. Weiß GmbH	Bevorzugter Ausbau in einer Sondermessstelle (geringer Ringraum; vertikale Abdichtung der Probennahmeräume mittels Dichtungsdonats); Verwendung eines druckhaltenden Schöpfers ist nicht möglich – s. Anhang 4.1.1.6.3
Multilevelsystem der im-Dr. Weiß GmbH/ BGD GmbH	Ausbau einer mehrfach verfilterten Grundwassermessstelle mit Membranpumpen, wobei Innen-/Filterrohr analog der Ringraumverfüllung verfüllt werden; Möglichkeit der nachträglichen Auswechselung von defekten Pumpen bzw. Regenerierung der Filterbereiche; Verwendung eines druckhaltenden Schöpfers ist nicht möglich – s. Anhang 4.1.1.6.4
Solinst WATER-LOO System	Ausbau direkt in der Bohrung (auch in verfilterten Messstellen möglich); stationäre Förderpumpen (Doppelventilpumpen); Verwendung eines druckhaltenden Schöpfers ist nicht möglich – s. Anhang 4.1.1.6.5
Solinst CMT System	Ausbau direkt in der Bohrung; stationäre Förderpumpen (Peristaltikpumpen, Doppelventilpumpen, Trägheitspumpen); Verwendung eines druckhaltenden Schöpfers nicht möglich – s. Anhang 4.1.1.6.6

Tagesleistung

- Abschätzung der Tagesleistung:
- ⇒ durch Parallelbeprobung wesentlich geringerer Zeitaufwand im Vergleich zu den klassischen Grundwasserprobennahmen

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- keine

Fehlerquellen (*worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen*)

- mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- nicht vorhandene bzw. geprüfte Ausbauunterlagen für die zu beprobenden Sondermessstellen
- fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- mangelhafte Dokumentation der Grundwasserprobennahme

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ messstellenspezifisch festgelegtes Wasservolumen, das vor der Grundwasserprobennahme abzapfen ist (hydraulisches Abbruchkriterium)
- ⇒ messstellenspezifisch festgelegte Pumpenförderleistung
- ⇒ Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll
- ⇒ Aufzeichnung von Pumpenförderleistung (Durchfluss) und abgepumpten Wasservolumen

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für hydraulisches Abbruchkriterium: $\pm 10\%$ vom Soll-Wert
- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung: $\pm 10\%$ vom Soll-Wert

Literaturhinweise/Links

- ⇒ Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten (KORA). 2008

Anhang 4.1.1.6.1

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Westbay MP-System[®]
Modulares Multi-Level-Grundwasserüberwachungssystem
(Quelle: Firmenkatalog ©Westbay Instruments Inc. 1992-1994 und
imw Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Westbay MP-System® - Modulares Multi-Level-Grundwasserüberwachungssystem

(Quelle: © Westbay Instruments Inc. 1992-94 "Multi-Level Groundwater Monitoring with the MP System")¹

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Zusammenfassung

Um eine Kontaminationsfahne im Grundwasser über mehrere geologische Horizonte zu erfassen, wird eine dreidimensionale Anordnung von Probennahmestellen benötigt. Dabei ist üblicherweise pro Brunnen nur ein integraler Messwert zu entnehmen. In der Regel ist die Anzahl der Probennahmestellen durch die hohen Kosten der Bohrungen limitiert. Eine kostengünstigere Alternative ist, Überwachungspunkte/Probennahmepunkte in mehreren Horizonten eines Brunnens zu installieren. Mit dieser Methode kann eine erhöhte Datendichte erzielt werden, welche eine bessere Beschreibung der Standortbedingungen ermöglicht. Außer der Grundwasserprobennahmen (sequentielle oder kontinuierliche) können mit diesem System z.B. auch Druck- und Temperaturmessungen und hydraulische Tests durchgeführt werden.

Das Westbay MP-System® (MPS) ermöglicht die Wasserprobennahme aus mehreren Horizonten und besteht aus modular zusammensetzbaren Rohrelementen mit Ventilan-schlüssen (s. Abb. 1). Diese ermöglichen den Zugang zu verschiedenen Untersuchungshorizonten im Bohrloch. Der Vorteil des modularen Aufbaus besteht sowohl in der Anzahl und Tiefelage der Überwachungspunkte, welche im Feld und basierend auf den Bohrergebnissen flexibel festgelegt werden können.

Das MPS wurde bereits in Bohrlöchern von bis zu 1.200 m

Endteufe eingesetzt. Durch unterschiedliche Ventilsysteme sind die Befüllung von Packern,

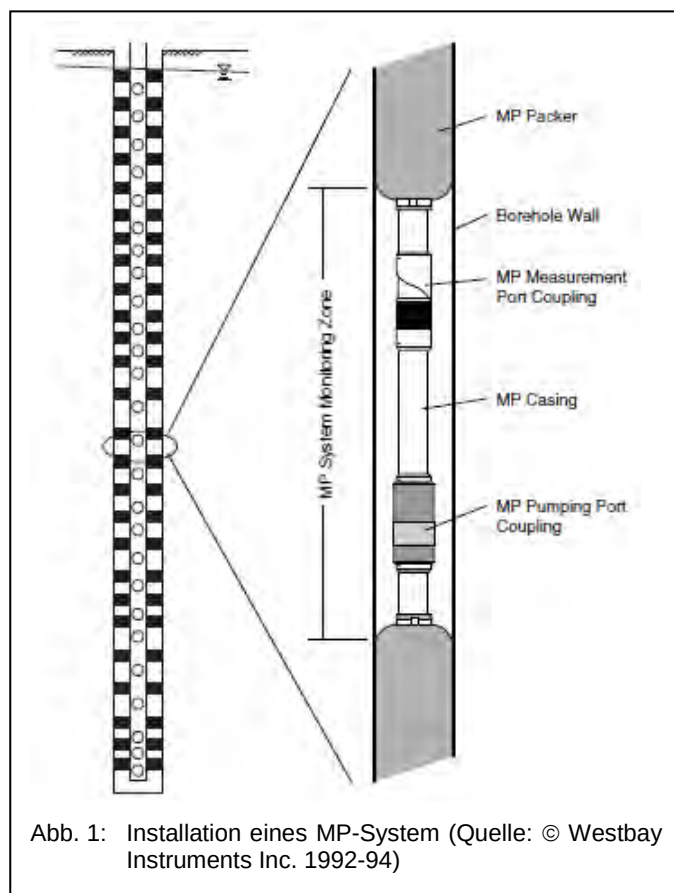


Abb. 1: Installation eines MP-System (Quelle: © Westbay Instruments Inc. 1992-94)

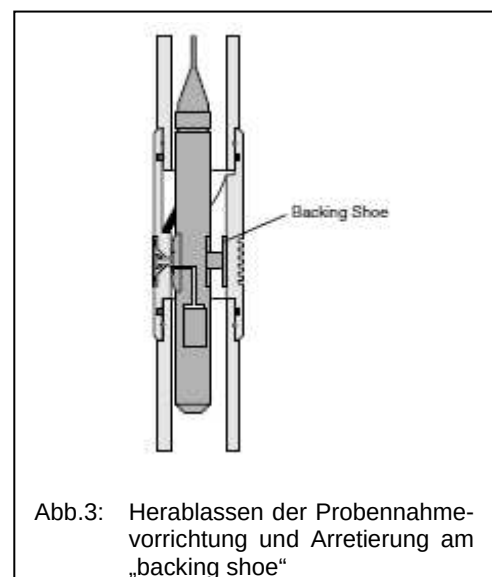
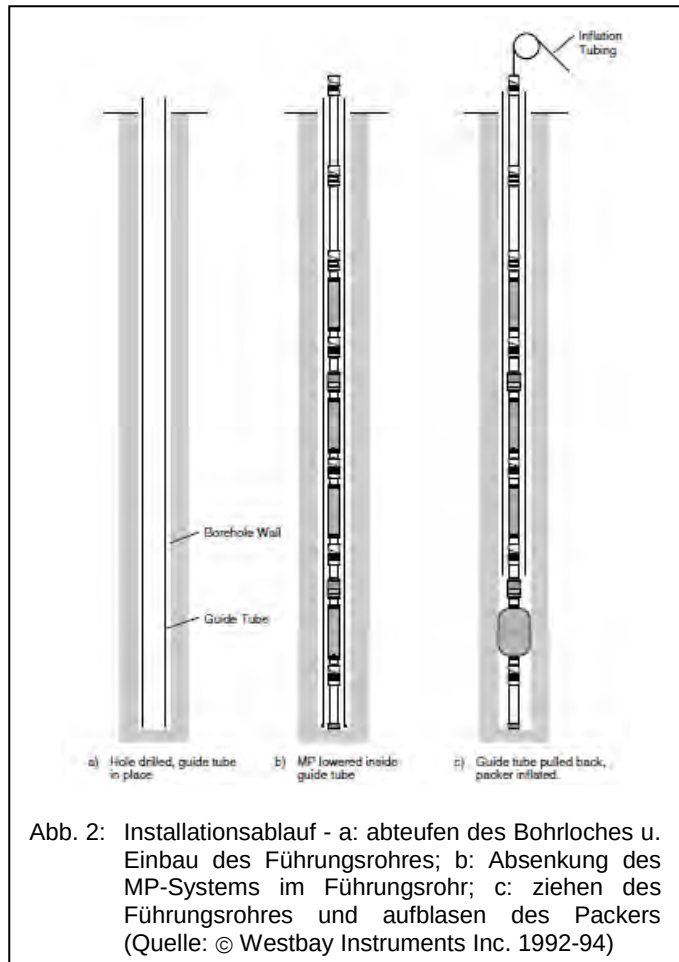
¹ Die vorliegende Dokumentation basiert in Anlehnung an die o.g. englischsprachigen Quelle und der auszugsweisen deutschen Übersetzung, welche freundlicherweise Herr Dr. Weiß (imw Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen) dem Landesumwelt Brandenburg zur Verfügung stellte.

die Beprobung und die Druckmessung eines Horizonts sowie die Injektion eines Tracers o. ä. in einen Horizont möglich. Ebenfalls nach der Installation können Packer überprüft und Dichtigkeitstests des Systems durchgeführt werden. Möglich ist dies durch verschiedene Vorrichtungen, die in das MP-Brunnenrohr hinabgelassen werden.

Die Installation des MPS erfolgt zunächst durch das Abteufen des Bohrloches und dessen Stabilisierung mit einem Führungsrohr (s. Abb. 2). In dieses wird das System abgesenkt. Mit dem schrittweisen Hochziehen des Führungsrohres wird das MPS über die Rückfüllung mit Filter- und Dichtungsschüttungen oder über hydraulische Packer tiefenorientiert eingebaut. Eine weitere Möglichkeit ist der Einbau eines MPS mit Packern in ein Brunnenrohr, das im Ringraum abwechselnd mit Filter- und Dichtmaterial hinterfüllt wird. Dadurch ist eine Vermischung des Grundwassers aus verschiedenen Horizonten ausgeschlossen.

Für die Wasserbeprobung oder hydraulische Druckmessungen werden die entsprechenden Vorrichtungen in die Verrohrung herabgelassen und an den verschiedenen Ventilöffnungen arretiert. Mittels eines sogenannten „*backing shoe*“ werden sie an die Innenwand der Verrohrung gedrückt, so dass eine Verbindung über ein Ventil zum Außenwasser hergestellt und diese gleichzeitig nach außen abgedichtet wird (s. Abb. 3).

Das Probenventil wird geöffnet und das Außenwasser kann in den Probenbehälter fließen. Filtereinheiten verhindern, dass feine Partikel die Ventile verstopfen. Danach wird die Probenahmeverrichtung an die Oberfläche geholt, wo die Proben entnommen und saubere Probenbehälter



für weitere Messungen eingesetzt werden können. Im Falle häufiger Messungen oder Probennahmen können auch mehrere Vorrichtungen fest an den Probennahmepunkten installiert werden.

Die Probennahme mit dem MPS hat einige Vorteile. So wird z.B. das Volumen des abgepumpten, möglicherweise kontaminierten Wassers reduziert. Auch die Qualität der Proben wird verbessert, da diese unabhängig von der Tiefe jeweils nur 30 - 60 cm bis zum Probenbehälter zurücklegen müssen.

Insgesamt können mit dem MPS Daten und Proben von hoher Qualität gewonnen werden. Jedoch ist zu bedenken, dass das System auf Grund der aufwändigen Installation vorwiegend für langfristige Überwachungen geeignet ist.

Literaturhinweise/Links

- http://www.slb.com/services/additional/water/monitoring/multilevel_well_system.aspx

Anhang 4.1.1.6.2

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Sicker- und Grundwassermeßsystem
(SGM System)

(Quelle: Firmenkatalog 1/2002, Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Sicker- und Grundwassermeßsystem (SGM System)

(Quelle: Firmenkatalog 1/2002, Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden, UIT)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle und beziehen sich im Weiteren überwiegend nur auf den Teilaspekt der Grundwasserprobennahme.

Das SGM System ist eine stationäre Überwachungseinrichtung für den Grundwasserbereich. Mit diesem System können folgende Funktionen realisiert werden:

- Grundwasserprobeentnahme
- Grundwasserstandsmessung
- In-situ-Parametererfassung
- Datenspeicherung

Das System ist als Baukasten konzipiert. Das heißt, es kann entsprechend der Monitoringaufgabe eine spezifische Anlage zusammengestellt werden.

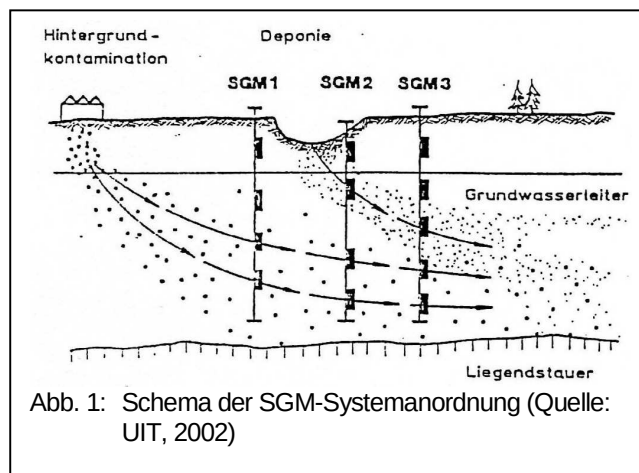


Abb. 1: Schema der SGM-Systemanordnung (Quelle: UIT, 2002)

Neben dem vertikalen Einbau der Bodenüberwachungselemente, ist auch ein horizontaler Einbau sowie eine Kombination aus horizontalem und vertikalem Einbau möglich. Diese Variante ist exemplarisch in Abb. 2 dargestellt.

Für den Einbau des SGM Systems wird die Anwendung einer verrohrten Hohl-schneckenbohrung empfohlen. Das Rohr wird während der Verfüllens Schüttrohrtechnik herausgezogen. Für den horizontalen Einbau von einzelnen Elementen ist ein minimaler Bohrdurch-

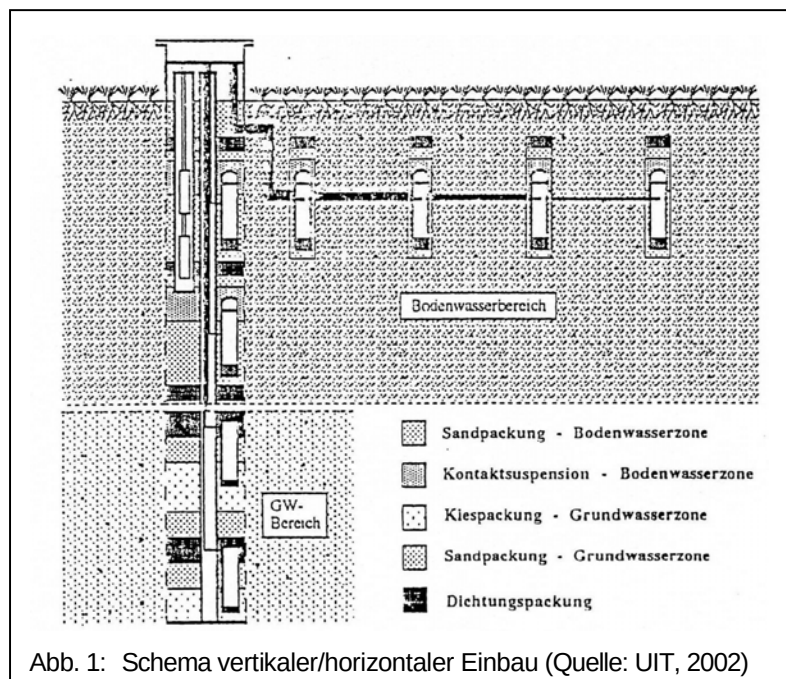


Abb. 1: Schema vertikaler/horizontaler Einbau (Quelle: UIT, 2002)

messer erforderlich.

Durch den Einsatz des SGM-Systems ergeben sich für den Anwender folgende Vorteile:

- hochpräzise, teufenorientierte Probennahme, da im Vergleich zu anderen Verfahren keine Absenkung des Grundwassers während der Probennahme erfolgt
- keine Kontaminationsverschleppung
- die kostenaufwendige Entsorgung von größeren kontaminierten Grundwassermengen entfällt, da kein langes Abpumpen des Grundwassers notwendig ist
- die Möglichkeit der Einbindung von in-situ-Sensorik gestattet eine ereignisorientierte Probennahme
- der Monitoringbaukasten ermöglicht das problemlose Anpassen des SGM-Systems an die entsprechende Aufgaben.

Kurze Charakterisierung der einzelnen Elemente:

- Grundwasserüberwachung
 - Entnahmeelement für Grundwasser; handgesteuerte Membranpumpe
 - maximale Einbautiefe 60 m
 - Anzahl pro SGM-Elemente maximal 6 Stück
 - sofortige repräsentative Probenahme möglich, da das Überwachungselement direkt in den Grundwasserleiter implantiert wird
- Grundwasserdruckmeßgeber
 - kontinuierliche Messung des Grundwasserstandes mit Hilfe eines Referenzdruckaufnehmers (Kompensation des Luftdruckes)
 - Anzeige des Grundwasserstandes mit Hilfe eines Handmessgerätes oder Speicherung auf Dataloggern (Datenfernübertragung)
- in-situ-Sensorik
 - Meßwertaufnehmer:
 - pH-Wert
 - Redoxpotential
 - Leitfähigkeit
 - Temperatur
 - Sauerstoffgehalt
 - Datenspeichereinheit

Anhang 4.1.1.6.3

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Multilevel-Schlauchpackersystem
- Tiefenorientiertes Probennahmesystem -

(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Multilevel-Schlauchpackersystem - Tiefenorientiertes Probennahmesystem

(Quelle: *altlastenforum* Baden-Württemberg e.V., Schriftenreihe Heft 11 "Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)", 2006)

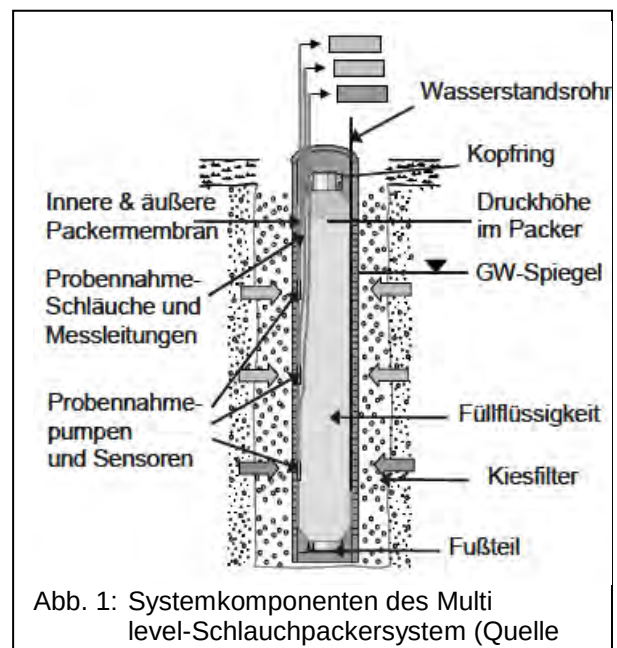
Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Prinzip

Beim Multilevel-Schlauchpackersystem handelt es sich um einen unten geschlossenen und oben offenen Schlauchpacker, der in den Brunnen eingebracht und mit Wasser bis ca. 1 Meter oberhalb des Grundwasserspiegels befüllt wird. Der Schlauchpacker nimmt das gesamte Innere des Brunnens ein, wodurch Vertikalströmungen und Belüftungseffekte im Brunnenfilter vermieden werden. Durch den hydrostatischen Überdruck des Packers werden die Probennahme- und Messsysteme an die Filterinnenwand gepresst und so gegeneinander abgedichtet. Durch die parallele Probennahme mit gleichen Förderraten in den unterschiedlichen Tiefen ist eine tiefenorientierte Probennahme auch in konventionell ausgebauten Brunnen möglich. Der Schlauchpacker kann als mobiles System zur kurzfristigen Probennahme verwendet werden oder für ein Langzeitmonitoring auch über längere Zeiträume eingebaut bleiben. Nach dem Ausbau kann der Brunnen in seiner ursprünglichen Funktion weiter genutzt werden.

Aufbau

Die Systemkomponenten (s. Abb. 1) sind kombinierbar, so dass der Schlauchpacker in verschiedenen Längen und Durchmessern sowie Anzahl und Position der Probennahmeports hergestellt werden kann. Der Schlauch selbst ist aus zwei nicht elastischen Packermembranen aufgebaut, die nach unten durch ein schweres Fußteil abgedichtet sind und am oberen Ende einen offenen Kopfring zur Befüllung haben. Die äußere Packermembran besteht aus PE-Folie und die innere Packermembran aus gewebeverstärktem Kunststoffmaterial, das eine hohe Robustheit und Dichtigkeit aufweist. Die Probennahmesysteme, wie Pumpen und Schläuche



sowie die Messsysteme sind zwischen den beiden Packermembranen angebracht, wobei die Probennahmefilter und Messports nach außen reichen. Das Probennahmesystem kann im

Fall geringer Grundwasserflurabstände(< 7 m uGOK) aus verschiedenen langen Probennahmeschläuchen mit Filterendstück bestehen und mit einer Peristaltikpumpe betrieben werden. Im Fall größerer Grundwasserflurabstände sowie leichtflüchtigen Substanzen werden pneumatisch betriebene Miniatur Druckpumpen, die das Grundwassersukzessive nach oben drücken, eingesetzt.

Technische Daten

- Material: Packermembranen: D: 4“, 5“ und 6“
- Material äußere Membran: PE
- innere Membran: gewebeverstärktes Kunststoffmaterial
- Kopf- und Fußteil: Material Polyoxymethylen,
- Verbindungselemente: Edelstahl
- Probennahmeschläuche: Material PU, PE oder PTFE (Teflon)
- Miniatur-Druckpumpen: Material Messing
- Wasserstandsrohr: Material PE oder PVC

Einsatzbereiche/Limitierungen

- Verwendung für: Tiefenorientierte Grundwasserprobennahme in konventionell ausgebauten Brunnen und repräsentative tiefenorientierte Probennahme in tiefendifferenziert, mit Tonsperren ausgebauten Brunnen.
- Betriebsweise: Grundwasserspiegelmessung in Wasserstandsrohr; Wasserproben können mit Peristaltikpumpen oder pneumatisch betriebenen Pumpsystemen entnommen werden.
- Messmedium/Einbauweise: In Locker- und Festgesteinsaquiferen; in Grundwasserbrunnen von 4“, 5“ und 6“ Durchmesser. Zum Einbau mit sauberem Wasser befüllen und zur Entnahme leerpumpen. Der Einbau kann temporär oder permanent erfolgen.
- Anforderung an Bedien-Personal: Ein- und Ausbau sowie Probennahme einfach.
- Limitierungen: Das System ist bis in Tiefen von bis zu 30 m u GW-Spiegel konzipiert. Nach dem Einbau muss bei geringen Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten entsprechend lang gewartet bzw. abgepumpt werden, bis sich die ursprüngliche Tiefenzonierung wieder einstellt.

Entwicklungsstand

Zu Beginn der 90er Jahre wurde das Multilevel-Schlauchpackersystem entwickelt und 1999 patentiert. Im Laufe der letzten Jahre ist es in verschiedenen Forschungsprojekten und in mehr als 150 Grundwassermessstellen erprobt und verbessert worden.

Kosten

- Anschaffungskosten: ca. 2.000 € für 20 m Messstelle und 5 Probennahmehorizonte mit pneumatischen Miniatur Druckpumpen
- Betriebskosten: Strom für pneumatische Pumpensteuerung und Druckluftkompressor oder Peristaltikpumpe

Anbieter

- imw Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen, www.im-weiss.de

Referenzen

- Zeitz, Leuna und Bitterfeld, UFZ SAFIRA
- Deponie Osterhofen,

- Gaswerke Stuttgart, Geislingen und Karlsruhe, Uni Tübingen;
- Innenstadt Düsseldorf, Arcadis
- Regen, URS
- Hamburg-Rissen, Stadt Hamburg
- Industriegebiet Mailand, Universität Rom.

Literatur

- Ptak, T., Schirmer, M. and Teutsch, G. (2000): "Development and performance of a new multilevel groundwater sampling system", Risk, Regulatory and Monitoring Considerations: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Battelle Press, Columbus, Ohio, USA, ISBN 1-57477-095-0, 95-102.

Besonderheiten, Hinweise

- Preiswertere Version mit Doppel-PE-Membran erhältlich. Seit Mitte 2003 ist ein Scheibenpackersystem erhältlich, das leichter zu handhaben ist und in tieferen Messstellen (bis 100 m) eingesetzt werden kann.

Anmerkung des Bearbeiterteams

- für den einmaligen Einsatz vergleichsweise teuer
- in Abhängigkeit von Grundwasserfließgeschwindigkeit Wartezeit nach Einbau erforderlich
- sehr gut zur Gewinnung repräsentativer Proben aus tiefenorientiert ausgebauten Messstellen
- ausreichend zur Gewinnung tiefenorientierter Proben aus konventionell ausgebauten Messstellen ohne Vertikalströmungen.

Anhang 4.1.1.6.4

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Waterloo-System (Solinst, Canada Ltd.)

(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

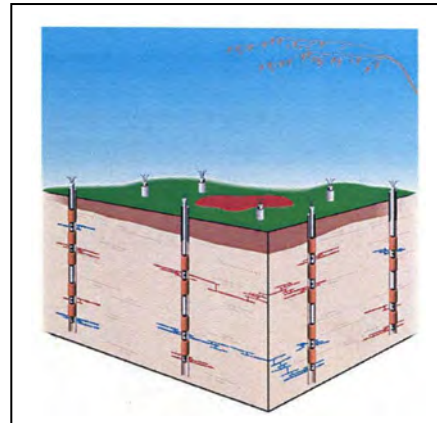
Waterloo System (Solinst, Canada Ltd.) – Tiefenorientiertes Probenahmesystem

(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

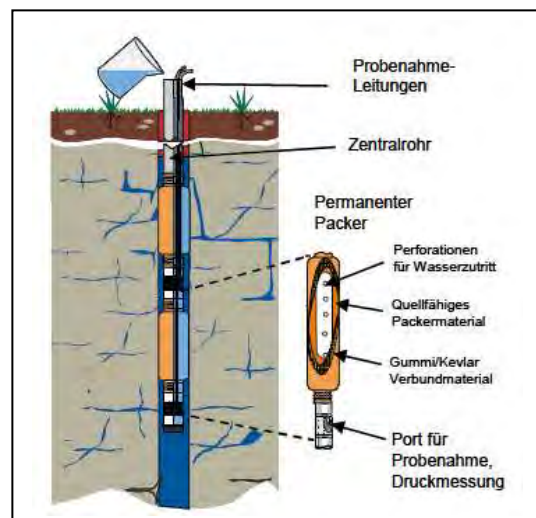
Prinzip

Beim Waterloo System handelt es sich um ein aus Einzelkomponenten zusammengebautes Mess- und Probenahmesystem, das in ein Bohrloch oder einen Brunnen eingebracht wird. Es besteht aus einem zentralen, hydraulisch dichten Rohr mit Mess- und Probennahmeports in den unterschiedlichen Tiefen. An diese Ports können pneumatisch betriebene Pumpen oder Steigrohre zur Probennahme und/oder Sensoren zur Druckmessung angeschlossen werden. Das System ist in mehreren Variationen für den temporären oder permanenten Einbau konzipierbar.



Aufbau

Die modularen Systemkomponenten aus Mess- und Probennahmeports, Rohrstücken, Packersystemen, Verbindungskupplungen, Kopf- und Endstücken sind in verschiedenen Längen sowie verschiedenen Materialien erhältlich. Die Rohrstücke und Ports sind durch hydraulisch dichte Kupplungen verbunden und über einfache, aber robuste Kabelbinder gesichert. Das Rohr wirkt als Träger für die außen befestigten Packer und die innen liegenden Leitungen und Schläuche zu den einzelnen Monitoringports. Die Ports können durch Feinstfilter geschützt werden. An jedem Port kann ein Drucksensor mit Temperaturfühler und/oder eine Pumpe sowie eine offene Steigleitung fest installiert werden. In einem Kopfstück enden alle Leitungen, Schläuche und Kabel in hydraulischen Anschlüssen und Steckern zu den Probenahme- und Messgeräten. Als Packersysteme sind Versionen für den temporären und den permanenten Einbau erhältlich. Die temporären Packersysteme bestehen aus Naturgummi-Verbundmaterialien und können pneumatisch oder hydraulisch befüllt werden. Die einfache, permanente Packerversion besteht aus mit Quellton bzw. Ben-



tonit gefüllten Netzschräuchen. Eine andere Möglichkeit der permanenten Abdichtung bildet ein Packersystem mit einem – bei Zufuhr von Wasser - extrem quellfähigen Material im Innern und einem Gummi/Kevlar Verbundmaterial als Abdichtung nach außen. Das Wasser erreicht das quellfähige Material über Perforationen des Rohres von Innen.

Technische Daten

- Material:
 - Rohre: PVC oder Edelstahl, D 50mm;
 - Ports: PVC oder Edelstahl, 1 oder 2 Anschlüsse;
 - Probennahmeleitung: Edelstahl, Nylon oder Teflon;
 - Packer: Naturgummi-Verbundmaterial, Bentonit oder Kombination extrem quellfähiges Material und Gummi/Kevlar Verbundmaterial, L 91,5 cm, für Bohrlöcher und Brunnen von D 3“ - 4“

Einsatzbereiche/Limitierungen

- Monitoringoptionen und mögliche Anzahl pro System:
 - Pumpen und Drucksensor 7 Stk.,
 - Offene Leitungen 8 Stk.,
 - Pumpen und offene Leitungen 5 Stk.,
 - Pumpen 12 Stk., Drucksensoren 24 Stk
- Verwendung für: Grundwasserprobenahme, Grundwasserspiegelmessung, Parametermessungen: Druck, Temperatur.
- Betriebsweise: In offenen Steigleitungen kann der Grundwasserspiegel direkt gemessen oder Wasser mit Peristaltik- oder Fußventilpumpen entnommen werden. An den Ports werden Wasserproben mit pneumatisch betriebenen Doppelventilpumpen gewonnen und der Druck über Sensoren gemessen.
- Messmedium/Einbauweise:
 - 1. Festgestein - Temporäre oder permanente Messstellen mit Packersystemen; wiederbefüllbar (Wasser) oder permanent (Bentonitinjektion, Sandbefüllung), vorgefertigte Bentonitpacker und quellfähige Verbundmaterial-Packer
 - 2. Lockergestein - Zusammenfallen des Bohrlochs, für 2“ oder größere Bohrdurchmesser; in Brunnen permanente oder temporäre Messstellen mit Optionen wie beim Festgestein.
- Anforderung an das Bedien-Personal: einfacher Zusammen- und Einbau entsprechend ausführlicher Anleitungsbeschreibung.
- Limitierungen: Das System ist bisher in Tiefen bis zu 230 m installiert worden. Die Verwendung von Packern ist für Bohrloch- bzw. Brunnendurchmesser von 3“ bis 4“ möglich.

Entwicklungsstand

Im Jahr 1984 wurde das Waterloo Systems von Dr. John Cherry am Groundwater Institute der University of Waterloo entworfen und seitdem stetig weiter entwickelt. Seit 1997 durch amerik. Umweltbehörde US EPA als Multilevel Probenahmesystem im Monitoring von Natural Attenuation anerkannt.

Kosten

- Anschaffungskosten: auf Anfrage
- Betriebskosten: Strom für Pumpen und Messtechnik

Anbieter

- Solinst, Kanada; www.solinst.com
- imw Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen, www.im-weiss.de

Referenzen

- www.solinst.com

Literatur

- www.solinst.com

Besonderheiten, Hinweise

- Man erhält eine zuverlässige und dichte Verbindung der einzelnen Elemente, bis zu 900 kg Zuglast und 1375 kPa Innendruck.
- Herkömmliche Bladder- und Tauchpumpen können aufgrund ihrer großen Durchmesser nicht eingebaut werden.
- Bisher keine Anwendungen in Deutschland.

Anlage 4.1.1.6.5

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Continuous Multichannel Tubing (CMT)
Multilevelsystem - Mehrkanal-Brunnensystem
(*Solinst*, Canada Ltd.)
(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

Continuous Multichannel Tubing (CMT) – Multilevelsystem – Mehrkanal-Brunnensystem (Solinst, Canada Ltd.)

(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Prinzip

Beim CMT Multilevelsystem Modell 503 handelt es sich um ein flexibles, durchgehend mehrkanaliges Röhrensystem (s. Abb. 1), das vor dem Einbau komplett mit Probennahmefiltern, Messstellenkopf, Abstandshaltern etc. hergestellt wird. Der Einbau kann durch Direct-Push-Verfahren oder herkömmliche Bohrverfahren erfolgen. Mit dem CMT Multilevelsystem können der Grundwasserspiegel festgestellt sowie verschiedene Tiefenbereiche wiederholt beprobt werden

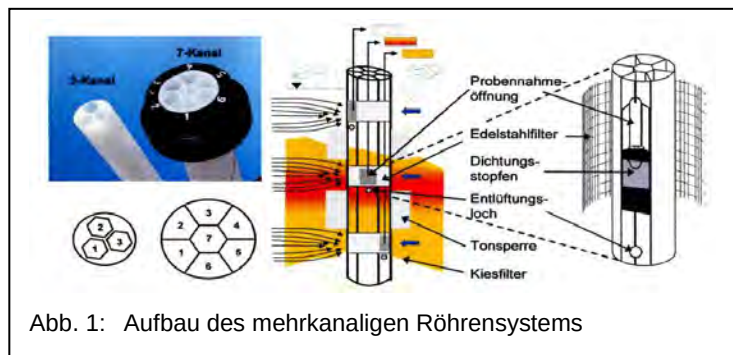


Abb. 1: Aufbau des mehrkanaligen Röhrensystems

Aufbau

Das CMT System ist aus parallel zueinander verlaufenden, voneinander getrennten Röhren aufgebaut und als 3-Kanal und 7-Kanal Version erhältlich (s. Abb. 2). Die Probennahmeports werden durch von außen gebohrte Probennahmeöffnungen hergestellt. Der jeweilige Kanal wird dann mit einem Verschlussstopfen nach unten abdichtet. Unter der Abdichtung wird eine Entlüftungsbohrung gesetzt, damit beim Einbau, die darunter eingeschlossene Luft entweichen kann. Die Probennahmeöffnungen werden mit Edelstahlfiltern und evtl. vorgefertigten Kiesfiltern variabler Länge und Breite umschlossen.

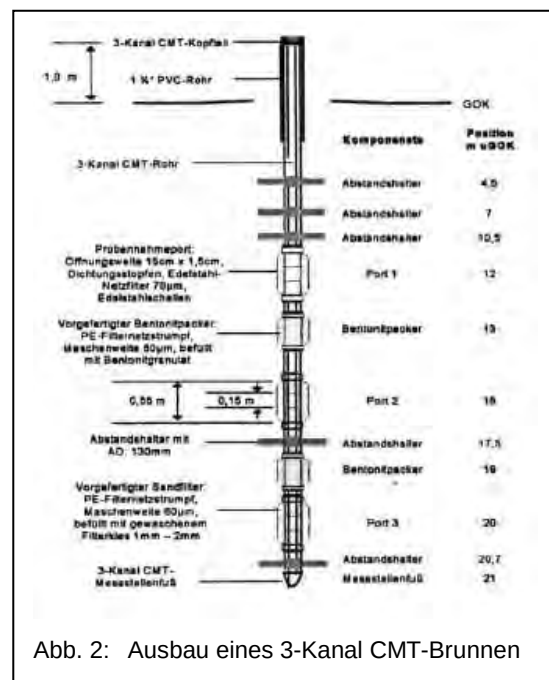


Abb. 2: Ausbau eines 3-Kanal CMT-Brunnen

Herstellung / Einbau CMT System

- Die Einzelbestandteile des CMT Systems

können direkt an den Standort geliefert und direkt vor Ort nach Einweisung des Bohrunternehmens zusammengestellt und eingebaut werden.

- Das CMT-System kann auch nach den Angaben des Auftraggebers fertig hergestellt und angeliefert werden.
- Die Herstellung der Dicht- und Filterstrecken im Ringraum der Bohrung kann durch eine klassische Schüttung von Tonpellets und Filterkies erfolgen. Wesentlich zeitsparender und sicherer ist die Lieferung des kompletten CMT-Systems für den sofortigen Einbau mit vorgefertigten Kiesfiltern und Bentonitdichtungen (s. Abb. 3). Das System muss in diesem Fall nur in die verrohrte Bohrung heruntergelassen und anschließend die Rohrtour gezogen werden.



Technische Daten

- Material:
 - 3-CMT-Rohr: HDPE (High Density Polyäthylen); AD: 1,1" (28mm), Kanäle: D: 10mm; lieferbar in Rollen versch. Länge: 30 m, 60 m, 150 m
 - 7-CMT-Rohr: HDPE; AD: 1,7" (43,2 mm), zentraler Kanal: 10 mm, 6 radiale Kanäle: 11 mm; lieferbar in Rollen versch. Länge: 30 m, 60 m, 90 m
 - Dichtungsstopfen: Silikon, PVC und Edelstahl
 - Filter: Edelstahlsieb, Maschenweite 70µm

Entwicklungsstand

- keine Angaben

Kosten

- keine Angaben

Anbieter

- Solinst, Kanada; www.solinst.com
- imw – Innovative Messtechnik Weiß, Tübingen, www.im-weiss.de

Referenzen

- Projekt Bonn-Bornheim, 2007)
- Projekt Finsterwalde, 2008

Literatur

- www.solinst.com
- www.im-weiss.de
- Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006

Besonderheiten, Hinweise

- keine Angaben

Anlage 4.1.1.6.6

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

LCKW- Probennehmer
Tiefenorientiertes Probennahmesystem
(*VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart*)

Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen (Multilevelsysteme)

LCKW- Probennehmer Tiefenorientiertes Probennahmesystem

(Quelle: Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, 2006)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Prinzip

Mit dem LCKW-Probennehmer können sowohl tiefenorientierte als auch tiefenintegrierende Grundwasserproben in vollverfilterten Grundwassermessstellen entnommen werden. Mit einem Entnahmevolumen von ca. 10 ml flexibel aus der jeweils gewünschten Tiefe des Aquifers wurde dieses Gerät insbesondere für die Probennahme von Grundwasser mit gelösten LCKW entwickelt. Da die Grundwasserprobe direkt am Entnahmeort in ein verschlossenes Headspace(HS)-Vial eingespritzt wird, spielt die Verfälschung der Probe durch eine Ausgasung von LCKW bei Druckerniedrigung oder Temperaturerhöhung keine Rolle. Durch die direkte Analyse der Probe aus dem HS-Vial können weitere Verluste, wie z.B. ein Ausstrippen der LCKW beim Proben transport, durch Lagerung oder beim Umfüllen im Labor, ausgeschlossen werden.



Abb. 1: Aufbau des Probennahmesystems

Aufbau

Der Probennehmer besteht aus einer hydraulisch betriebenen Probennahme-einheit, welche mit einer Druckluftflasche (befüllbar bis 200 bar) ausgestattet ist. Nach der Positionierung des Probennehmers in der gewünschten Entnahmetiefe der Messstelle wird eine Grundwasserprobe lokal entnommen und direkt in das Headspace(HS)-Vial eingespritzt. Der Probennehmer ist so aufgebaut, dass er mit einem Außendurchmesser von 45 mm in Grundwassermessstellen > 2" eingesetzt werden kann. Mit der Schlauchverbindung vom Probennahmegerät zur Druckluftflasche und der Bedieneinheit können Proben bis zu einer Tiefe von 30 m unter GOK entnommen werden.

Entwicklungsstand

Zu Beginn der 90er Jahre wurde der LCKW- Probennehmer entwickelt. Das Gerät wurde in Zusammenarbeit mit verschiedenen Ingenieurbüros in der Praxis eingesetzt und weiter verbessert. In den letzten Jahren wurde der Probennehmer bei Auftrags- und Forschungsarbeiten durch VEGAS in mehr als 100 Grundwassermessstellen zur tiefenorientierten und tiefenintegrierenden Probennahme eingesetzt.

Einsatzbereiche/Limitierungen

➤ Verwendung:

- tiefenorientierte und tiefenintegrierende Grundwasserprobennahme in vollverfilterten Messstellen.
- Tiefenorientiert: Grundwasser wird nicht abgepumpt. Je nach Fragestellung vor oder nach dem Klarpumpen der Messstelle. Tiefenintegrierend: Grundwasser wird permanent direkt unter dem Grundwasserspiegel abgepumpt. Betriebsweise: Spezielles pneumatisches System zur Wasserprobennahme.
- Messmedium/Einbauweise:
 - In Grundwassermessstellen > 2" Durchmesser, in Locker- und Festgesteinsaquifern. Der LCKW-Probennehmer wird in der Messstelle bis zur gewünschten Endtiefe abgelassen. Der Einbau erfolgt temporär.
- Anforderung an Bedien-Personal:
 - Keine. Ein- und Ausbau sowie Probennahme einfach.
- Limitierungen:
 - Das System ist bis in Wassertiefen von 30 m unter GOK einsetzbar.

Technische Daten

- Material:
 - Probennehmer und Verbindungselemente: Edelstahl
 - Druckluftschläuche: PE oder PU
 - Probennahme erfolgt in ein Standard-HS-Vial (Glas, Teflon, Aluminium)

Kosten

- Anschaffungskosten: ca. 2.500 €
- Betriebskosten: keine, ca. 20 Probennahmen mit einer Druckluftflaschenfüllung möglich
- Mietkosten: 100 € pro Tag ohne HS-Vials und Analytik

Anbieter

- VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Referenzen

- www.vegasinfo.de

Literatur

- Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006
- Repräsentative Grundwasserprobenahme 2004, Dr. H. Weiß; Beitrag 15 "Innovative Methoden der Grundwasserbeprobung" Weiterbildung 28.-30.10.2004 im Leipziger KUBUS des UFZ Leipzig-Halle; http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/documents/RGWPN_2004.pdf (Stand: 26.11.2008)

Eigene Einschätzung/Kritische Wertung

Das Gerät ist für die spezielle Aufgabe der tiefenorientierten und tiefenintegrierenden Grundwasserprobennahme sehr gut geeignet und lässt sich schnell und einfach in Grundwassermessstellen einsetzen. Die für eine solche Messaufgabe kommerziell zur Verfügung stehenden Techniken benötigen deutlich mehr Kosten und Zeit.

Anhang 4.1.1.7

Typenblatt

Horizontierte Grundwasserprobennahme mittels
Grundwassersondierungen

Typenblatt – Horizontierte Grundwasserprobennahme mittels Grundwassersondierungen

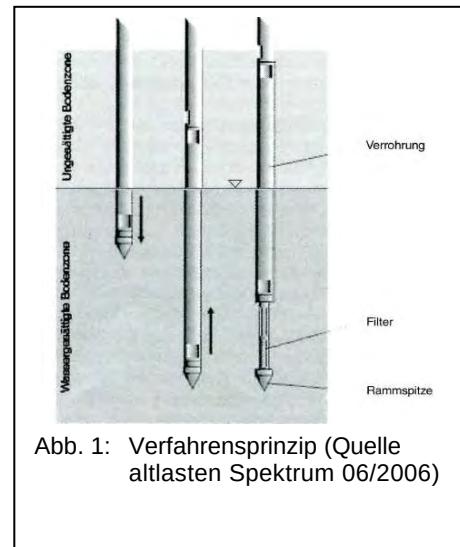
(Quellen: altlasten Spektrum, Ausgabe 06/2006; <http://www.ub-woeltjen.de/88.0.html>; http://www.geo-log.com/uploads/media/INFO_GWLF.pdf)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quellen.

Prinzip (<http://www.geo-log.com>)

Das Verfahren ermöglicht die Entnahme von repräsentativen Wasserproben direkt aus einer laufenden Bohrung und kann in Tiefbohrungen und in Kleinbohrungen gleichermaßen eingesetzt werden.

Beim Verfahren der sog. Grundwassersondierung wird ein Hohlbohrgestänge mit eingebauter Probennahmesonde, die je nach Verfahren unterschiedliche technische Details besitzt, durch ein Sondiergerät in den Boden eingebracht. In der gewünschten Probennahmetiefe wird die Filterstrecke durch Ziehen der Schutzverrohrung freigelegt (s. Abb. 1) über welche das zu untersuchende Grundwasser in das Rohrsystem eindringen kann. Das durch die Sonde einströmende Grundwasser kann anschließend mittels "low-flow" Verfahren entnommen werden. I.d.R. kommen hierzu einfache Fußventilpumpen zum Einsatz. Für spezielle Fragestellungen können aber auch mechanische oder pneumatische Balgenpumpen verwendet werden. Bei beiden Systemen wird über sich zyklisch öffnende und schließende Ventile eine kontinuierlich zunehmende Wassersäule aufgebaut, die in dem angeschlossenen Förder-schlauch bis an die Oberfläche gefördert wird. Die Probennahme ist in einer Bohrung beliebig wiederholbar.



Je nach Aufgabenstellung und geologischen Verhältnissen stehen verschiedene Sondentypen mit unterschiedlichen Filterlängen i.d.R. zwischen 0,3 m und 1,0 m sowie verschiedene Rohrdurchmesser zur Verfügung.

Neben der Entnahme der Grundwasser- oder Bodenluftprobe kann die Lagerungsdichte des Bodens nach DIN 4094 eingestuft werden (<http://www.ub-woeltjen.de>):

- Einsatz in Kleinrammbohrungen 35 mm
Der Einsatz in Kleinbohrungen erfolgt an einem Hohlgestänge welches dem Gestänge einer schweren Rammsonde nach DIN 4094 gleicht. Die Spitze des Systems erfüllt ebenfalls die Anforderungen der Norm.
- Einsatz in Tiefbohrungen 200 - 500 mm (bis 100 m Bohrtiefe)
Das System wird am Seil hängend in die laufende Bohrung eingefahren (s. Abb. 2). Durch die Verlängerung mit Hohlgestänge kann es mehrere Meter unterhalb der jeweiligen Bohrlochsohle eingesetzt werden. Die Aufzeichnung der Ramm-schläge und Eindringung pro 10 cm liefert wichtige Informati-



Abb. 2: Systemeinsatz in eine laufende Bohrung

onen zur Lagerungsdichte der anstehenden Böden. Durch die Voreilung des Systems werden Schadstoffe in den ungestörten Bodenschichten unterhalb der aktuellen Bohrtiefe gemessen. Die Proben werden mit einer Fußventilpumpe direkt aus dem Tiefenbereich sehr schonend abgepumpt.

Entwicklungsstand

- keine Angaben

Anbieter

- Umwelttechnik und Brunnenbau Wöltjen GmbH (GeoWater®-Verfahren)
- geo-log GmbH

Kosten

- keine Angaben

Literatur

- <http://www.ub-woeltjen.de/88.0.html>
- http://www.geo-log.com/uploads/media/INFO_GWLF.pdf
- altlasten Spektrum, Ausgabe 06/2006, „Untersuchungen von Altlasten – Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Direct-Push Technologien bei der Altlastenbearbeitung“, Daniela Gerstner, Dr. Traugott Scheytt, Christiane Falker
- Landesumweltamt Brandenburg: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4; <http://www.mugv.brandenburg.de>

Anhang 4.1.2

Typenblätter

Aktive Verfahren:

Schöpfprobenahme

Anhang 4.1.2

Typenblätter

Aktive Verfahren:

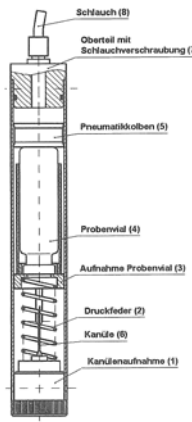
Schöpfprobenahme

Anhang 4.1.2.1

Typenblatt

**Grundwasserprobennahme mittels
druckhaltender Schöpfer**

Typenblatt

Druckhaltender Schöpfer	
	Entnahme von Grundwasserproben, die auf gelöste Gase, leicht flüchtige Inhaltstoffe, Spurenstoffe und auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe analysiert werden sollen.

Anwendungsgebiet
Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Begrenztes Probenvolumen, außer bei den Spezialprobenschöpfern der WISMUT GmbH .
- ⇒ nur geeignet in Kombination mit einer Grundwasserprobennahmepumpe.
- ⇒ keine Routinebeprobung

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

Druckhaltende Schöpfer sind gegenwärtig Verfügbar von:

- ⇒ BAT mit einem maximalen Probenvolumen von ca. 200 ml (siehe Anh. 4.1.2.1.1)
- ⇒ UIT mit einem maximalen Probenvolumen von ca. 30 ml, direkter Einsatz im GC (siehe Anh. 4.1.2.1.2)
- ⇒ VEGAS (Universität Stuttgart) mit einem maximalen Probenvolumen von ca. 30 ml (direkter Einsatz im GC)
- ⇒ WESTBAY-System (siehe Anh. 4.1.1.6.1)
- ⇒ Sonderanfertigungen der WISMUT GmbH

Tagesleistung

Abschätzung der Tagesleistung:

- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

Außer beim WESTBAY-System erfordert die Anwendung eine Kombination mit einer Grundwasserprobennahme, wobei der druckhaltende Schöpfer so anzuordnen ist, dass eine Mischprobennahme möglich ist. Dies erfolgt beim gekoppelten Einsatz einer Grundwasserpumpe durch die Installation des druckhaltenden Schöpfers im verlängerten Kühlmantel.

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- ⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)
- ⇒ Probenveränderung während der Druckentspannung ist ein bisher technisch nicht gelöstes Problem bei den BAT- und WISMUT-Schöpfern sowie beim WESTBAY-System.
- ⇒ Beim VEGAS- und UIT-Schöpfer ist praktisch nur eine Messung mit dem Analysensystem möglich, wobei die Probe vorher druckfrei sein muss.

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Prüfverfahren

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
- ⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK-Merkblatt 245/ 1997 „Teufenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“
- ⇒ BGD Berichtsauszug (s. Anhang 4.1.2.1.1, Teil B)
- ⇒ WESTBAY-System (s. Anhang 4.1.1.6.1)
- ⇒ UIT-System (s. Anhang 4.1.2.1.2)
- ⇒ BAT-System (s. Anhang 4.1.2.1.1, Teil A)

Anhang 4.1.2.1.1

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
druckhaltender Schöpfer

BAT-Schöpfer

Anlage zum Typenblatt – Druckhaltende Schöpfer BAT-Schöpfer, Teil A

(Quelle: <http://www.bat-gms.com/bat-groundwater-sampler.asp>; Stand 11/2008 – zusammenfassende deutsche Übersetzung, LUGV Brandenburg)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Merkmale/Eigenschaften

Das BAT-Grundwasserprobennahmegerät „Envirosampler“ ist für flüssige wie gasförmige in-Situ-Probennahme in unterschiedlichen Entnahmetiefen geeignet. Alle Elemente des BAT-Systems sind hermetisch versiegelt, um Verluste flüchtiger Komponenten vorzubeugen.

Bauteile

Das BAT Probennahmegerät hat drei Hauptbauteile (s. Abb. 1):

- a) BAT MkIII Filterelement
- b) Probennahmeelement (bei Probennahme evakuiert)
- c) Doppelinjektionsnadel

Sowohl das Filterelement als auch das Probennahmeelement sind mit einem flexiblen Septum versiegelt.

Anwendungsgebiete

Typische Anwendungsgebiete sind:

- Übersichtsprobennahme in belasteten Bereichen
- Langzeitbeobachtung von Grundwasser und Bodenluft

Vorgehensweise

Im Gerätegehäuse befindet sich das Probennahmeelement sowie ein Doppelinjektionsventil. Das Probennahmegerät wird durch das Gerätegehäuse auf das Doppelinjektionsventil herunter gelassen und durch Schwerkraft durchdringt die Doppelinjektionsnadel sowohl die Dichtung zum Filterelement als auch die Dichtung des Probennahmeelementes. Damit entsteht eine temporäre dichte Verbindung zwischen Probennahme- und Filterelement. Aufgrund des Vakuums im Probennahmeelement und des Umgebungsüberdrucks gelangt Grundwasser und/oder Bodengas in das Probennahmeelement. Beim Heben des Probennahmegerätes versiegeln sich die beiden Septa des Filterelementes und des Probennahmeelementes automatisch wieder. Die Flüssigkeit-/oder Gasprobe ist so von der Probennahme bis zum Labor im Probennahmeelement hermetisch versiegelt.

Langzeitbeobachtung

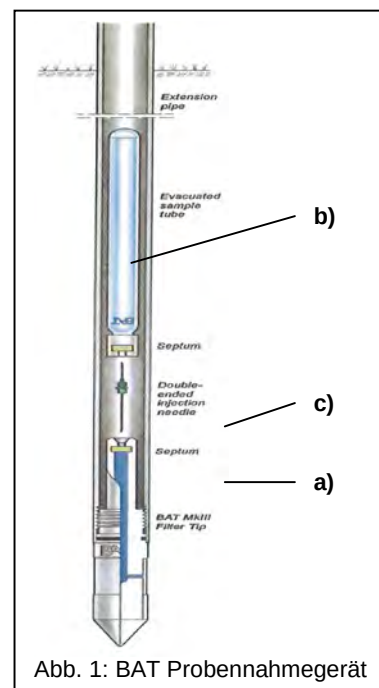


Abb. 1: BAT Probennahmegerät

Die flexible Dichtung des Filterelements kann hunderte Male durchstoßen werden, ohne ihre automatisch selbst verschließende Funktion zu verlieren. Dies ermöglicht eine Langzeitbeobachtung bei gleich bleibender Präzision und Genauigkeit.

Erfahrung und Referenzen

Die US-EPA empfiehlt die BAT-Technologie als eine geeignete Probennahmetechnologie für die Umweltanalyse. Die Reproduzierbarkeit der Messwerte wird als ein entscheidender Grund für diese Empfehlung genannt.

Anlage zum Typenblatt – Druckhaltende Schöpfer

BAT-Schöpfer, Teil B

(Quelle: in Anlehnung an Nitsche et al. „Bericht über die Durchführung und Auswertung einer Grundwasserprobenahme mittels BAT-Schöpfer im Rahmen einer Detailuntersuchung“, BGD GmbH, 2002 - Auszugsweise)

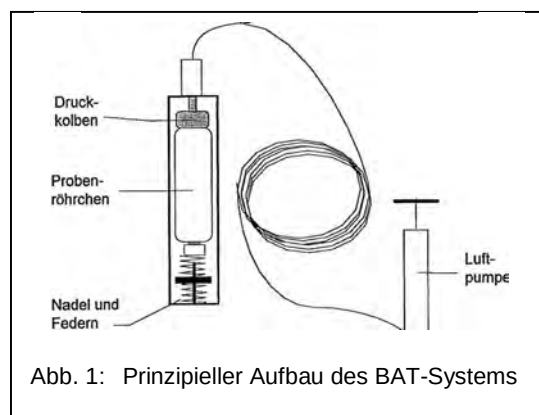
Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Erläuterungen zur druckkonstanten Grundwasserprobennahme mit dem BAT-System

Auch bei den Grundwasserprobennahmesystemen ist in der praktischen Realität davon auszugehen, dass es das (ideale) Probennahmesystem nicht gibt. Eine angemessene Anpassung nach hydraulischen und qualitativen Gesichtspunkten ist damit stets erforderlich und ergibt teilweise gekoppelte Systeme, wie z.B. die Kombination von Unterwassermotorpumpe und Schöpfer, der unter der Unterwassermotorpumpe eingehangen werden muss und erst dann betrieben werden darf, wenn das hydraulische und beschaffenheitsseitige Abbruchkriterium erreicht ist.

Neben der Entnahmetiefe sind vor allem die physiko-chemischen Kennwerte (Dichte, Dampfdruck) des zu analysierenden Inhaltsstoffes und dessen Wechselwirkungen mit den Materialien der Probennahmetechnik zu berücksichtigen. Prinzipiell muss davon ausgegangen werden, dass jede Probennahmepumpe eine Druckveränderung in der entnommenen Grundwasserprobe verursacht, die u.a. zu Veränderungen im Gashaushalt, pH-Wert, Konzentrationsanteile der Stickstoffkomponenten, Ausgasung von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) und aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX) führen kann. Um dies zu vermeiden, werden Schöpfer mit druckhaltendem System, wie z.B. das BAT-System eingesetzt. Auch hinsichtlich der Materialanpassung und deren Dekontamination vor und nach der Probennahme, vor allem im Spurenanalysenbereich, bieten derartige Schöpfer die einzige technisch praktikable Lösung, um den Repräsentanzanforderungen weitestgehend zu entsprechen.

Eine Prinzipskizze des BAT-Systems ist in Abb. 1 dargestellt. Das System besteht aus einem Probenröhrchen mit Septum (Volumen 150 mL), einer Probennahmeeinheit und einer Fußpumpe. Zur Probennahme wird das Röhrchen mit dem Septum nach unten gerichtet in der Probennahmeeinheit plaziert. Danach wird die Probennahmeeinheit an der Kopfseite des Probennahmeröhrchens (Septumseite) mit einer Doppelinjektionsnadel, die mit einem Federsystem ausgerüstet ist, verschlossen. An der oberen Seite des Probenröhrchens wird ein druckluftbetriebener Arbeitszylinder in die Probennahmeeinheit eingeschraubt, der mit der Fußpumpe verbunden ist. Soll eine Grundwasserprobe entnommen werden, so wird mit der Fußpumpe ein Druck von ca. 4 bar erzeugt, wodurch der Arbeitszylinder das Probenröhrchen in



Richtung Doppelnadel bewegt. Der Eindringdruck, der erforderlich ist, um die eine Seite der Doppelinjektionsnadel durch das Septum dringen zu lassen ist so groß, dass zunächst die Doppelinjektionsnadel durch eine dünne Membran gedrückt wird, wodurch sich die Nadelöffnung im Grundwasser befindet. Wenn die Doppelinjektionsnadel nicht weiter bewegt werden kann, wird das Septum durchdrungen. Dadurch wird eine hydraulische Verbindung zwischen Grundwasser und dem Probenröhrchen hergestellt. Das Grundwasser strömt in das Probenröhrchen, bis der Gleichgewichtsdruck zwischen dem Grundwasser und dem Innenraum des Probenröhrchens erreicht wird. Danach wird der am Arbeitszylinder anliegende Gasdruck entspannt, wodurch die Doppelinjektionsnadel mit Unterstützung der Federn aus dem Septum gezogen wird. Die Wasserprobe befindet sich somit im geschlossenen und gasdichten Röhrchen. Der Druck im Probenröhrchen ist gleich dem Wasserdruck am Grundwasserentnahmepunkt. Das für die Analyse zur Verfügung stehende Wasservolumen wird nach Gleichung (1) berechnet, wobei der im leeren Probenröhrchen befindliche absolute Gasdruck bekannt sein muss. Über den Anfangsgasdruck kann das Grundwasserprobenvolumen bestimmt werden.

Das Wasservolumen im Probenröhrchen berechnet sich aus dem BOYLESCHEN Gesetz ($p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$), das nach V_{Probe} (V_2) aufgelöst folgender Gleichung ergibt:

$$V_{\text{Probe}} = V_{\text{Röhrchen}} [1 - p_g / p_z] \quad (1)$$

V_{Probe} : Volumen Wasserprobe in mL

$V_{\text{Röhrchen}}$: Volumen Probenröhrchen in mL

p_g : absoluter Druck des Gases im Probenröhrchen vor der Probennahme in bar

p_z : absoluter hydrostatischer Druck in der Tiefe Z in bar

Beträgt der Absolutdruck des Gases im Probenröhrchen vor der Probennahme 1 bar, so ergibt die Ausweitung der Gleichung (1) in Abhängigkeit der Probennahmetiefe unter Grundwasserstand folgende Volumen für die Wasserprobe im Probenröhrchen:

Probennahmetiefe unter Grundwasserstand	5m	10m	15m	20m	25m	30m	40m
V_{Probe} :	50ml	75ml	90ml	100ml	107ml	112ml	120ml

Planung der Grundwasserprobennahme

Zur Planung der Grundwasserprobennahme ist die Kenntnis der erforderlichen Ausbauunterlagen der Grundwassermessstelle notwendig. Die Planung umfasst die Berechnung des vor der Grundwasserprobennahme abzapfenden Wasservolumens und die Abschätzung der messstellenspezifischen Pumpenförderleistung. Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass die Entnahme von Grundwasserproben außerhalb des Filterbereiches der Grundwassermessstelle erfolgt (DIN 38 402 Teil A13, DVWK 245/1997, LMBV-Merkblatt 1/2000). Diese Forderung wird allgemein als hydraulisches Abbruchkriterium bezeichnet. Bewährt hat sich, vor der Grundwasserprobennahme das 1,5-fache Filtervolumen abzapfen. Dabei sollte die Grundwasserentnahmetechnik im Vollrohrbereich, unmittelbar über dem Filterrohr angeordnet werden. Dadurch wird ein effektiver 1,5-facher Austausch des Filtervolumens (Filterrohrvolumen und Porenvolumen der Filterschüttung) der

Grundwassermessstelle mit dem zu beprobenden Grundwasser erzielt (DVWK 245/1997). Je nach Porosität des zu überwachenden Grundwasserleiters liegt der Probennahmebereich damit ca. 3 bis 4 Bohrradien außerhalb der Grundwassermessstelle.

Die Planung des im BAT-Schöpfer nach der Grundwasserprobennahme enthaltenen Wasservolumens und Gleichgewichtsdruckes ergab im vorgestellten Projekt bei einer Einhängtiefe des BAT-Schöpfers in der Grundwassermessstelle von 24 m unter Messpunkt (uMP) und einem Grundwasserstand von 5,44 m uMP folgende Werte:

- Probenvolumen im BAT-Schöpfer nach Gleichung (1)

$$V_{\text{Probe}} = V_{\text{Schöpfer}} [1 - p_g / p_z]$$

$$V_{\text{Probe}} = 150 \text{ ml} (1 - 1/2,9)$$

$$V_{\text{Probe}} \approx 98 \text{ ml}$$

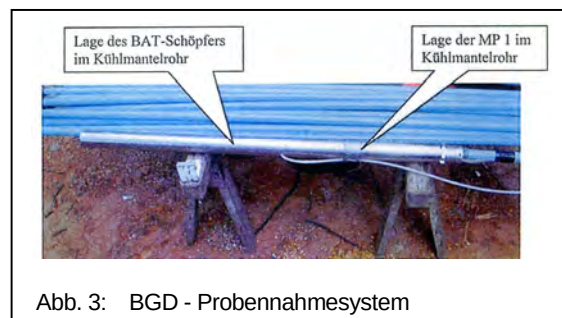
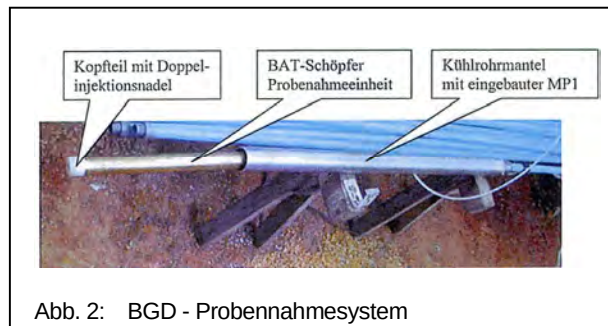
- Gleichgewichtsdruck in dem BAT-Schöpfer nach der Probenahme (p_{Probe}):

p_{Probe} entspricht der wirkenden Wassersäule, d.h. 24 m uMP - 5,44 m uMP = 18,6 m

$$\text{WS } p_{\text{Probe}} \approx 1,86 \text{ bar}$$

Vorbereitung der Probennahmetechnik auf die Messstellenbedingungen

Die Verwendung des BAT-Schöpfers setzt dessen Kopplung mit einer Grundwasserprobennahmepumpe (s. Abb. 2) voraus, um sicherzustellen, dass die im BAT-Schöpfer befindliche Wasserprobe das Grundwasser repräsentiert (Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums). Um eine Vergleichbarkeit zwischen den durch die Grundwasserprobennahmepumpe geförderten, in seinen Leitkennwerten erfassten und on site abgefüllten Grundwasserproben mit der im BAT-Schöpfer befindlichen Grundwasserprobe zu ermöglichen, ist sicherzustellen, dass das Grundwasser, das durch die Pumpe gefördert wird auch von dem BAT-Schöpfer beprobt wird. Um diese Forderung zu erfüllen, wurde im hier vorgestellten Projekt für die Pumpe (MP1, GRUNDFOS) ein spezieller Kühlmantel aus Edelstahl gefertigt, der so lang ist, dass der BAT-Schöpfer unterhalb der Pumpe angeordnet werden kann (s. Abb. 3). Damit wurde sichergestellt, dass der BAT-Schöpfer von dem selben Grundwasser angeströmt wird, das auch durch die Pumpe gefördert wird.



Entnahme der Grundwasserprobe

Die Entnahme der Grundwasserprobe erfolgte sowohl mit dem BAT-System als auch on site:

- mit der selben Pumpenförderleistung wie während der vorangehenden Abpumpphase, wobei das on site Abfüllen der Probennahmeflaschen aus einem Bypass mit einem Volumenstrom von ca. 1 l/min erfolgt und
- nach dem das hydraulische Abbruchkriterium erreicht wurde und die Leitkenwerte über 5 min. folgenden Schwankungsbereich nicht überschritten hatten

Nach dem die o.g. Kriterien erfüllt waren, wurde der BAT-Schöpfer mittels der Fußpumpe geöffnet und nach ca. 2 min. geschlossen.

Im Probennahmeprotokoll wurde u.a. das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, die in der Messzelle festgestellte Ausgasung des geförderten Grundwassers (resultiert aus der in der Förderleitung wirkenden Druckverringerng in der Grundwasserprobe) und Bodensatz sowie die Endwerte der Leitkenwerte notiert. Nach dem die on site zu entnehmenden Grundwasserproben in die entsprechenden Gefäße abgefüllt und verschlossen waren, wurde die MP1 abgeschaltet und das Probenahmesystem aus der GWM ausgebaut. Anschließend erfolgte der Ausbau des BAT-Schöpfers aus dem Kühlmantelrohr der Pumpe. Nach Öffnen der Probennahmeeinheit wurden folgende Tätigkeiten nacheinander durchgeführt:

1. Messung des Gleichgewichtsdruckes in der Gasphase des BAT-Schöpfers mittels elektronischen Relativdrucksensors, der an einer Kanüle angeschlossen war. Dabei wurde die Kanüle durch das Septum gedrückt. Als Gleichgewichtsdruck wurden 1,8 bar gemessen, wobei zu bemerken ist, dass durch das Totvolumen des Messsystems ein geringer Druckabfall in Höhe von ca. 0,06 bar eintritt.
2. Entnahme einer Gasprobe aus dem BAT-Schöpfer mittels Kanüle, wobei die Gasprobe in ein mit Septum verschlossenes GC-Headspace-Gläschen abgefüllt wurde. Dafür wurde eine Doppelkanüle verwendet, die den Gasraum des BAT-Schöpfers mit dem Gasraum des GC-Headspace-Gläschen verbunden hat. Bevor jedoch eine Kopplung der beiden Systeme erfolgen konnte, wurde in das GC-Headspace-Gläschen eine zweite Kanüle bis zu dessen Glasboden eingeführt. Dadurch wurde sichergestellt, dass eine Durchströmung des GC-Headspace-Gläschen mit dem zu beprobenden Gas möglich war, wodurch ein mehrfacher Austausch des Gasvolumens im GC-Headspace-Gläschen erfolgte. Nach dem keine Gasströmung mehr feststellbar war, wurden die Kanülen aus dem BAT-Schöpfer und dem GC-Headspace-Gläschen gezogen.
3. Mit einer gasdichten Spritze wurden über eine Kanüle die Wasserprobe aus dem BAT-Schöpfer entnommen und in das mit einem Septum verschlossene GC-Headspace-Gläschen (ebenfalls mittels Kanüle) so eingefüllt, dass keine Turbulenz bzw. Versprühen erfolgte. Der zur Befüllung des verschlossenen GC-Headspace-Gläschen erforderliche Druckausgleich erfolgte über die Gasphase mittels einer zweiten Kanüle. Das Volumen der abzufüllenden Wasserprobe erfolgte nach der Festlegung des Labors.

Anhang 4.1.2.1.2

Anlage zum Typenblatt
Grundwasserprobennahme mittels
druckhaltender Schöpfer

EGPS-Schöpfer
(UIT GmbH Dresden)

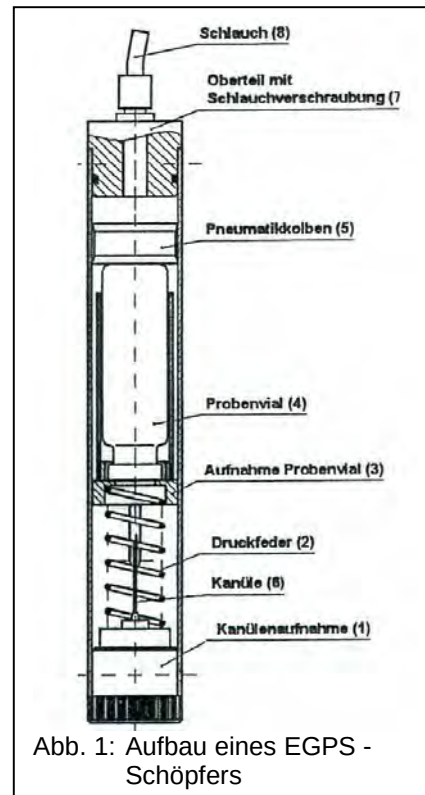
Anlage zum Typenblatt – Druckhaltende Schöpfer EGPS-Schöpfer

(Quelle: Firmenkatalog 1/2002, Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden, UIT)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

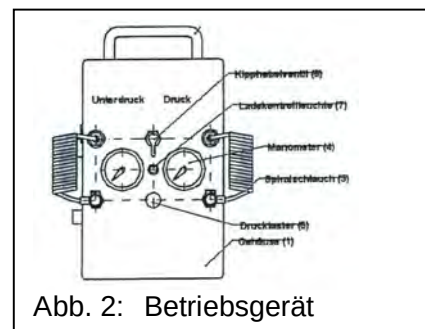
Merkmale/Eigenschaften

Mit dem EGPS - Schöpfer zur entgasungsgesicherten Probennahme, ist eine entgasungsgesicherte Wasserprobennahme möglich. Hierzu wird in den Schöpfer des EGPS (s. Abb. 1) ein evakuierter Probenvial (4) eingebaut. Zur Evakuierung des Probenvials kann das Betriebsgerät (s. Abb. 2) eingesetzt werden. Der Schöpfer mit dem evakuierten Probenvial wird am Schlauch (8) auf die gewünschte Tiefe im Gewässer abgeteuft. Unter Nutzung des Betriebsgerätes (s. Abb. 2) wird ein Überdruck an den Pneumatikkolben (5) des Schöpfers angelegt. Dadurch sticht die Kanüle (6) des Schöpfers in die Membran des Probenvials ein. Es strömt durch die Kanüle Wasser in das Innere des Probenvials. Im Weiteren wird der am Pneumatikkolben anliegende Überdruck zurückgenommen. Die Kanüle wird durch die Druckfeder (2) aus dem Probenvial herausgezogen. Die Wasserprobe ist unter druckkonstanten Bedingungen im Probenvial aufbewahrt und kann so in das Labor transportiert werden. Das Probenvial kann aus dem Schöpfer leicht entfernt bzw. gegen ein Weiteres ausgetauscht werden.



Bauteile

- Schöpfer:
 - Durchmesser: 35 mm, Länge: 225 mm
 - Material: Edelstahl 1.4301/1.4401 / NBR
 - Probenvials: 20 ml (andere Füllvolumen auf Anfrage)
- Schlauchtrommel
 - Schlauchlänge: 50 m (größere Längen auf Anfrage)
 - Material: Polyamid
 - Anschlusskupplung: CPC - Nennweite 3,2
- Betriebsgerät
 - Max. Druck: 6 bar
 - Max. Unterdruck: -0,8 bar
 - Stromaufnahme: 5,7 A
 - Interner Akku: 12V DC/6,5 Ah
 - Manometer Unterdruck: -1 bis 0 bar
 - Manometer Überdruck: 0 bis 10 bar
 - Schutzgrad: IP 54

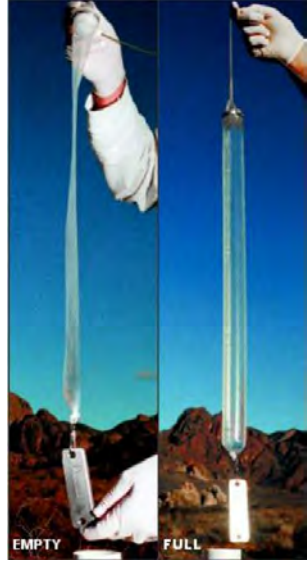
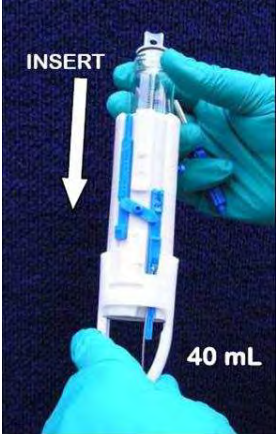


Anhang 4.1.2.2

Typenblatt

**Grundwasserprobennahme mittels
Schöpfer nach internationalem Stand**

Typenblatt

Sonderprobennahme mittels Schöpfverfahren nach <u>internationalem</u> Stand		
 Two photographs showing the HydraSleeve Sampler. The left photo shows the sampler being lowered into a well, labeled 'EMPTY'. The right photo shows the sampler being pulled up, labeled 'FULL', with a sample of water visible inside the sleeve.	 A photograph of a Snap Sampler, a small white plastic device with a blue cap. An arrow labeled 'INSERT' points downwards. The volume '40 mL' is printed on the side.	Entnahme von Grundwasserproben nach dem Schöpfmechanismus mit Hilfe spezieller Schöpfapparate <u>ohne</u> vorheriges Abpumpen mit Anordnung der Probennahmeverrichtung im zu beprobenden Filterbereich. Der Probennehmer verbleibt im zu beprobenden Bereich bis zur Wiedereinstellung natürlicher Verhältnisse (bis 2 Wochen) mit in-situ Verschluss des Probenahmebehälters nach erfolgter Probennahme.
a) HydraSleeve Sampler	b) Snap Sampler	

Anwendungsgebiet

- ⇒ Gewinnung von Proben, welche die Bedingungen zum Probennahmezeitpunkt repräsentieren
- ⇒ einsetzbar auch in Grundwasserleitern mit geringer Durchlässigkeit und in Grundwassermessstellen mit geringem Durchmesser
- ⇒ geeignet für die Probennahme leichtflüchtiger Verbindungen; Multilevelbeprobung durch Anordnung mehrerer Probennehmer in Reihe möglich

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Grundsätzliche Annahmen:
 - Wasserbeschaffenheit im Grundwasser ist gleich der Wasserbeschaffenheit in der Messstelle
 - in der Grundwassermessstelle gibt es keine Vertikalströmung
 - der Luftkontakt des Wassers in der Messstelle hat keinen Einfluss auf die zu beprobende Wasserbeschaffenheit.
- ⇒ Probennahmegeräte müssen immer vollständig im Filterbereich untergetaucht sein
- ⇒ Voraussetzung: hydraulische Kommunikation zwischen Aquifer und verfiltertem Bereich der Grundwassermessstelle
- ⇒ volumenlimitiert
- ⇒ nicht ohne Zusatzmaßnahmen in Messstellen mit Phasenvorkommen einsetzbar
- ⇒ HydraSleeve Sampler: nicht anwendbar, wenn verfilterter Bereich kürzer ist als der Probennehmer selbst (Geosight Inc., Parsons, 2005, http://www.bam.de/de/service/publikationen/publikationen_medien/fb290_vt.pdf)
- ⇒ die Kenntnis der vertikalen Kontaminationsschichtung ist erforderlich

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

Es existieren derzeit zwei in den USA patentierte Schöpfverfahren („Grab-Sampler“), die im Labor- und Feldmaßstab erprobt worden sind.

Probennehmer	Kurzcharakteristik
HydraSleeve [s. Abbildung a)]	Der Hydrasleeve besteht aus einem faltbaren PE-Schlauch (oder anderes flexibles Material), am unteren Ende versiegelt, am oberen Ende mit einem selbstschließenden Blattventil; Einbringen des zusammengefalteten, leeren HydraSleeve in die Messstelle Probennahme: durch Aufwärtsbewegung mit einer Geschwindigkeit $\geq 1\text{fps}$ wird das Blattventil geöffnet und das Wasser eingelassen; Nach vollständiger Füllung schließt das Blattventil wieder Abfüllen: Einbringen eines Ablassröhrchens Probennahmenvolumen: aktuell in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser $\rightarrow 80\text{ ml} - 4\text{ l}$ möglich
Snap Sampler [s. Abb. b)]	Snap-Sampler verwenden spezielle austauschbare Gefäße, die an beiden Enden geöffnet sind (Glas-Vials oder Plastikflaschen). Jede Flasche verfügt über federaktivierte Deckel, die beim Einbringen in die Messstelle in eine geöffnete Position gesetzt werden Probennahme: durch einen mechanischen oder elektrischen Auslöser werden die Flaschen in-situ verschlossen Abfüllen: Ein Umfüllen ist meist nicht erforderlich, die Gefäße können direkt zum Analysenlabor transportiert werden Probennahmenvolumen: aktuell in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser $\rightarrow 40\text{ ml} - 350\text{ ml}$ möglich

In Deutschland gibt es hierzu noch keinen (belastbaren) Erfahrungsstand.

Tagesleistung

$\Rightarrow$ entfällt

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

$\Rightarrow$ laut Herstellerangaben werden Verfahrenskombinationen weder als erforderlich noch zweckmäßig erachtet.

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- $\Rightarrow$ Mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- $\Rightarrow$ Mangelhafte Kenntnis über den tatsächlichen Ausbau der Grundwassermessstelle
- $\Rightarrow$ Mangelnde Kenntnis über die Vertikalströmung in der Grundwassermessstelle sowie den Einfluss des Luftkontaktes des Wassers in der Messstelle auf die zu beprobende Wasserbeschaffenheit
- $\Rightarrow$ Probennehmer nicht durchgehend komplett untergetaucht (z.B. aufgrund natürlicher oder anthropogen bewirkter Grundwasserschwankungen)
- $\Rightarrow$ Anordnung der Probennehmer nicht im Bereich mit hydraulischem Kontakt zwischen GWMS und Aquifer
- $\Rightarrow$ Verweilzeit des Probennehmers in der Grundwassermessstelle nicht ausreichend (ungestörte Verhältnisse noch nicht wiederhergestellt)

- ⇒ HydraSleeve: Entweichen flüchtiger Verbindungen nach Entnahme aus der Messstelle durch Diffusionseffekte

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Anzahl und Anordnung der Schöpfer
- ⇒ Einsatzzeit der Schöpfer
- ⇒ Packerverwendung
- ⇒ Plausibilität der Ergebnisse

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Unangemeldete Vor-Ort-Prüfung während des Ein- und Ausbaus der Schöpfer durch den Auftraggeber (AG) bzw. eines vom AG beauftragten Dritten
- ⇒ Begründete Formulierung von Erwartungswerten hinsichtlich der im Grundwasserbereich möglichen Stoffkonzentrationen

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Einbau-/ Ausbauprotokoll
- ⇒ Fotodokumentation

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Soll-Ist-Abweichungen hinsichtlich der unter „Prüfkriterien“ benannten Voraussetzungen

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Sachkundiger Gebrauch z.B. durch ausführliche Bedienanleitung/Arbeitsanweisung

Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Protokoll mit Fotodokumentation

Literaturhinweise/Links

- ⇒ Interstate Technology & Regulatory Council; Diffusion/Passive Sampler Team "Protocol for Use of Five Passive Samplers to Sample for a Variety of Contaminants in Groundwater" 2007, <http://www.itrcweb.org/Documents/DSP-5.pdf> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ HydraSleeve: <http://www.nopurgesampling.com/hydrasleeve/>
- ⇒ Snap Sampler: <http://www.snapsampler.com/>

Bildquellen:

- a) http://www.geoinsightonline.com/pdfs/mcclellan_final_results_report.pdf
- b) <http://www.itrcweb.org/Documents/DSP-5.pdf>

Anhang 4.1.3

Typenblätter

Passive Probennahme

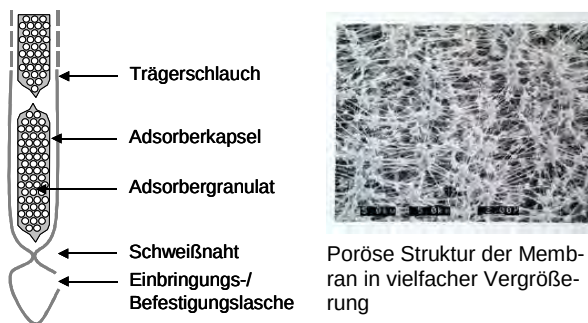
Anhang 4.1.3.1

Typenblätter

**Grundwasserprobennahme mittels
Passivsammler**

Typ Gore™ Surveys

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Typ Gore™ Surveys	
 Das Diagramm zeigt den Aufbau eines Passivsammlers: Trägerschlauch, Adsorberkapsel, Adsorbergranulat, Schweißnaht und Einbringungs-/ Befestigungsglasche. Rechts daneben ist eine SEM-Abbildung der porösen Membranstruktur zu sehen. Poröse Struktur der Membran in vielfacher Vergrößerung	Das Gore™ Verfahren beruht auf den Eigenschaften der Gore-Tex®-Membran, die für gasförmige Substanzen durchlässig und für Wasser undurchlässig ist. Im Innern der Membran befindet sich ein Adsorbermaterial für organische Schadstoffe. In Abhängigkeit von der jeweiligen Flüchtigkeit bzw. Dampfdruck diffundieren die im Kontaktwasser gelösten Schadstoffe dem Konzentrationsgradienten folgend durch die luftgefüllten Poren der Membran auf das Adsorbermaterial. Die Gore™ Module verbleiben in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration einige Tage oder Wochen im Grundwasser und werden nach der Entnahme zur Analyse an ein Labor von Gore geschickt. Die Analyseergebnisse liefern adsorbierte Schadstoffmassen, die qualitative und semi-quantitative Aussagen über die generelle Schadenssituation ermöglichen.

Anwendungsgebiet

- ⇒ Langzeit-Monitoring, geeignet auch für die Probennahme in Grundwasserleitern mit geringer hydraulischer Durchlässigkeit

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Das Verfahren wird bisher überwiegend in der Bodenluft-Untersuchung eingesetzt. Die Anwendung im Grundwasser dient einer ersten orientierenden Erkundung; auch über längere Zeiträume (Langzeitmonitoring).
- ⇒ Die zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen sollten in der Größenordnung bekannt sein, um den Einsatzzeitraum abschätzen zu können bzw. die Aufnahmekapazität nicht zu überschreiten. Im Vergleich zu leichtflüchtigen Schadstoffen (BTEX, LHKW, PAK von Naphthalin bis Pyren) können schwerer flüchtige Schadstoffe nicht mehr erfasst werden.
- ⇒ Als Analyseergebnis werden die adsorbierten Schadstoffmassen angegeben. Mittels parallel entnommener Wasserproben können den adsorbierten Schadstoffmassen Schadstoffkonzentrationen zugeordnet werden. Nach Angaben des Herstellers soll in naher Zukunft eine direkte Umrechnung der adsorbierten Schadstoffmassen in Konzentrationen möglich sein.
- ⇒ Passivsammler sind über den gesamten wasserführenden, verfilterten Bereich der Grundwassermessstelle anzuordnen.
- ⇒ Das Problem des biologischen Abbaus der zu speichernden Wasserinhaltsstoffe innerhalb des Passivsammlers ist noch nicht abschließend geklärt.
- ⇒ Für eine erste orientierende Erkundung (screening) gut einsetzbar; als Probennahmemethode für Grundwasser noch nicht ausreichend validiert; Stärken liegen bisher v.a. in der passiven Beprobung der Bodenluft.
- ⇒ Weitere Informationen beinhaltet auch der Anstrich „Entwicklungs- und Erfahrungsstand“.

Vergleichbare Produkte

- ⇒ Diffusions-Multi-Lagen-Sammler (DMLS)
- ⇒ Semi-Permeable-Membran-Device (SPMD)
- ⇒ Gaiasafe-Sammler

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

Passivsammler empfehlen sich insbesondere dann, wenn Stoffkonzentrationen, wie z.B. für Abbau-Produkte, nahe der Nachweisgrenze im Grundwasser nachzuweisen bzw. wenn zeitlich integrative Werte erforderlich sind. Um diese in mittlere Konzentrationen zu transformieren, müssen jedoch die Wasservolumenströme bekannt sein, die durch den Reaktionsraum des Passivsammlers in der betreffenden Zeit geströmt sind. Daraus folgen Anforderungen an die Messstellen, die zu berücksichtigen sind. Bestehende Grundwassermessstellen sind vor allem dann für den Einsatz von Passivsammlern geeignet, wenn sie die folgenden Anforderungen erfüllen:

Anforderungen an Messstellen beim Einsatz von Passivsammlern:

- Messstellengruppen mit kurzen Filterlängen = Filterschüttungen (ca. 2 m), die durch Dichtungen begrenzt sind – Einbau von Passivsammlern über gesamten Filterbereich
- geringe Ausbaudurchmesser (Durchmesser $\leq 4''$)
- gegenüber einem Gasaustausch mit der Atmosphäre mittels Packer unmittelbar über der Filteroberkante verschließbar – gleichzeitige Reduzierung von Vertikalströmung
- geringe und konstante Bohrlochdurchmesser (Grundwassermessstellen, die in Spülbohrungen installiert wurden, erfüllen diese Forderung häufig nicht)

Bei neu zu errichtenden Grundwassermessstellen, die für den Einsatz von Passivsammlern verwendet werden sollen, wird folgendes empfohlen:

- kleiner Ausbaudurchmesser (auf die Reaktionszelle begrenzt)
- kurze Filterlängen (< 2 m)
- ohne Filterschüttung
- konstanter Bohrlochdurchmesser nur unwesentlich größer als der Außendurchmesser des Grundwassermessstelle
- gegenüber einem Gasaustausch mit der Atmosphäre mittels Packer verschließbar; daraus folgt eine gleichzeitige Reduzierung der Vertikalströmung im Filterbereich der Grundwassermessstelle.

Gegenwärtig sind diese Anforderungen durch folgende technische Lösungen erzielbar, wobei die Installationskosten unterhalb jener klassischer Grundwassermessstellen liegen:

- Verrohrte Bohrung mit einem Bohrdurchmesser entsprechend Ausbaudurchmesser + ca. 60 mm; gezielte Abdichtung der Filterstrecke (< 2 m) durch Dichtungs-Donuts (Geweberinge, die mit Quellon gefüllt sind und über das Ausbaurohr in die zu dichtende Teufe geschoben werden).
- Ausbau von Drucksondierkanälen bzw. Bohrungen aus Rammkernsondierungen zu Grundwassermessstellen unter Verwendung von Dichtungs-Donuts bzw. Verpressung von Dichtungssuspensionen in den entsprechenden Teufen.

Tagesleistung

⇒ entfällt

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ Ermittlung des Wasservolumens, das während des Passivsammlereinsatzes durch den Filterbereich der Grundwassermessstelle horizontal geströmt ist

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene bzw. geprüfte Ausbauunterlagen für die zu verwendenden Messstelle
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für den Passivsammlereinsatz
- ⇒ ausgeprägte Vertikalströmung in der Grundwassermessstelle
- ⇒ nicht verhinderte Beeinflussung des zu untersuchenden Grundwasserbereiches durch einem Gasaustausch mit der Atmosphäre (Packereinsatz ist erforderlich, s. Entwicklungs/ Erfahrungs-

stand)
⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten.
⇒ mangelhafte Dokumentation des Passivsammlereinsatzes.
⇒ Passivsammler taucht während der Probennahme nicht durchgehend in das Grundwasser ein (z.B. aufgrund natürlicher oder anthropogen bewirkter Grundwasserschwankungen)
⇒ Anordnung der Passivsammler erfolgt nicht im Bereich mit hydraulischem Kontakt zwischen Grundwassermessstelle und Aquifer
⇒ Verweilzeit des Passivsammler in der Grundwassermessstelle war nicht ausreichend (bei Passivsammlern, basierend auf Stoffanreicherung durch Konzentrationsausgleich)
⇒ bei langen Verweilzeiten in der Grundwassermessstellen mitunter biodegradationsanfällig

Qualitätskontrolle
Prüfkriterien
⇒ Anzahl und Anordnung der Passivsammler,
⇒ Einsatzzeit der Passivsammler,
⇒ Packerverwendung
⇒ Plausibilität der Ergebnisse
Prüfverfahren
⇒ Soll-Ist-Vergleich
⇒ unangemeldete Vor-Ort-Prüfung während des Ein- und Ausbaus der Passivsammler durch den Auftraggeber (AG) bzw. eines vom AG beauftragten Dritten
⇒ begründete Formulierung von Erwartungswerten hinsichtlich der im Grundwasserbereich möglichen Stoffkonzentrationen
Dokumentation der Ergebnisse
⇒ Einbau-/ Ausbauprotokoll
⇒ Fotodokumentation
Plausibilitätskriterien
⇒ Soll-Ist-Abweichungen hinsichtlich der unter Prüfkriterien benannten Voraussetzungen
Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation
⇒ der sachkundige Gebrauch ist durch ausführliche Bedienanleitung/Arbeitsanweisung zu gewährleistet.
Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse
⇒ s. Anlage

Literaturhinweise/Links
⇒ Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006
⇒ Literaturstudie „Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten“, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997

Anhang 4.1.3.2

Typenblätter

**Grundwasserprobennahme mittels
Passivsammler**

Keramik-Dosimeter und Toximeter

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Keramik-Dosimeter und Toximeter	
	Das Keramik-Dosimeter und das Toximeter werden zum Langzeit-Monitoring (mehrere Monate) organischer Schadstoffe im Wasser eingesetzt. Ein beidseitig verschlossenes Keramikrohr dient als Behälter für das Adsorbermaterial und als inerte Membran. Die poröse Keramik wirkt dabei als konstante Materialbarriere, die von den im Kontaktwasser gelösten Substanzen diffusiv durchströmt wird. Die Schadstoffaufnahme wird daher - unabhängig von den außen anliegenden Fließgeschwindigkeiten - nur von den Diffusionseigenschaften der Stoffe durch die Keramik bestimmt. Die Adsorbermaterialien im Innern des Keramikrohrs besitzen sehr hohe Adsorptionskapazitäten und können somit ein maximales Konzentrationsgefälle zwischen außen und innen im Untersuchungszeitraum gewährleisten. Für beide Sammler lässt sich aus der adsorbierten Stoffmenge und dem Untersuchungszeitraum die mittlere Konzentration der Stoffe im Kontaktwasser berechnen. Beim Toximeter wird das Adsorbermaterial neben der chemischen Analyse zusätzlich auch für biologische Untersuchungen (z.B. Biotests hinsichtlich Toxizität) genutzt.

Anwendungsgebiet

⇒ Langzeit-Monitoring, geeignet auch für die Probennahme in Grundwasserleitern mit geringer hydraulischer Durchlässigkeit

Anwendungsgrenzen

- ⇒ die zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen sollten in der Größenordnung bekannt sein, um den Einsatzzeitraum abschätzen zu können. Bei sehr niedrigen Schadstoffgehalten von $< 0,1 \mu\text{g/l}$ werden Sammelzeiten von bis zu 1 Jahr nötig sein, um eine detektierbare Schadstoffmasse auf das Adsorbermaterial zu bekommen
- ⇒ der Passivsammler wird im Schutzgitterkäfig eingebaut und in einem Behälter mit deionisiertem Wasser geliefert. Der Käfig wird an einer mitgelieferten PE-Schnur befestigt und in die Messstelle heruntergelassen. Nach dem Einsatzzeitraum wird der Passivsammler entnommen und der chemischen und toxikologischen Analyse zugeführt. Aus dem Analysenergebnis werden die mittleren Schadstoffkonzentrationen im Untersuchungszeitraum berechnet bzw. zusätzlich die Toxizität ermittelt.
- ⇒ Passivsammler sind über den gesamten wasserführenden, verfilterten Bereich der Grundwassermessstelle anzuordnen
- ⇒ bisher einziger Passivsammler auf dem Markt für zeitintegrierendes Monitoring und quantitativer Bestimmung der mittleren Konzentrationen; als passive Probennahmemethode bzw. Toxizitätstest den Behörden noch nicht ausreichend validiert bzw. bekannt ist
- ⇒ Weitere Informationen beinhaltet auch der Anstrich „Entwicklungs- und Erfahrungsstand“

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ 1997 wurde das Keramik-Dosimeter entwickelt und in mehreren Diplom- und Doktorarbeiten erprobt und wird seit 2001 in Forschungs- und kommerziellen Projekten eingesetzt. Das Toximeter wird seit 2002 in Forschungsprojekten eingesetzt
- ⇒ Problem des biologischen Abbaus der zu speichernden Wasserinhaltsstoffe innerhalb des Keramik-Dosimeters – Toximeters ist noch nicht abschließend geklärt
- ⇒ Vergleichbare Systeme: Solid-Phase-Microextraction (SPME)
- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Tagesleistung

- ⇒ entfällt

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Ermittlung des Wasservolumens, das während des Passivsammlereinsatzes durch den Filterbereich der Grundwassermessstelle horizontal geströmt ist

Fehlerquellen *(worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)*

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Prüfverfahren

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Plausibilitätskriterien

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ der sachkundige Gebrauch ist durch ausführliche Bedienanleitung/Arbeitsanweisung zu gewährleisten

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Literaturhinweise/Links

- ⇒ Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006

Bildquelle:

- ⇒ http://www.boden-und-grundwasser.de/download/danzer_passau_2007.pdf

Anhang 4.1.3.3

Typenblätter

**Grundwasserprobennahme mittels
Passivsammler**

**Polyethylen-Diffusions-Beutel-Sammler
(PDB-Sammler)**

Typenblatt

Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Polyethylen-Diffusions-Beutel-Sammler (PDB-Sammler)	
	Der PDB-Sammler wird zum Kurzzeit-Monitoring (bis zu 2 Wochen) leichtflüchtiger organischer Schadstoffe im Wasser eingesetzt. Ein mit deionisiertem Wasser befüllter Polyethylenfolienschlauch dient als Membran, die für bestimmte Schadstoffe durchlässig ist. Diese Schadstoffe diffundieren durch die Membran, bis sich ein Gleichgewicht zwischen den Konzentrationen im umgebenden Wasser und im Sammler eingestellt hat.

Anwendungsgebiet

- ⇒ Langzeit-Monitoring, geeignet auch für die Probennahme in Grundwasserleitern mit geringer hydraulischer Durchlässigkeit

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Im Fall schnell wechselnder Konzentrationen im umgebenden Wasser kann keine eindeutige Schadstoffkonzentration zum Zeitpunkt der Probennahme ermittelt werden. In gering durchlässigen Aquiferen sollte die Expositionszeit verlängert werden. Die LDPE-Folie ist nicht inert, d.h. Schadstoffe können von der Folie sorbiert werden und die Diffusion durch die Folie beeinflussen.
- ⇒ Die Zeit bis zur Gleichgewichtseinstellung ist dabei vom Schadstoff, der Wassertemperatur, der Wiedereinstellung der Konzentrationsgradienten und den Fließbedingungen in der Messstelle nach dem Einbau abhängig. Aus den Ergebnissen von Labor- und Feldstudien wird ein Expositionszeitraum von mindestens 2 Wochen empfohlen. Im Analyseergebnis mit dem Sammler werden die Schadstoffkonzentrationen im umgebenden Wasser – eine $\pm$ konstante Schadstoffkonzentration im Einsatzzeitraum vorausgesetzt – zum Zeitpunkt der Probennahme ermittelt.
- ⇒ Passivsammler sind über den gesamten wasserführenden, verfilterten Bereich der Grundwassermessstelle anzuordnen.
- ⇒ siehe auch Entwicklungs-/ Erfahrungsstand

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ seit 1997 in zahlreichen Labor- und Feldstudien, v.a. durch das U.S. Geological Survey untersucht und seit 2000 eine in den USA anerkannte und weit verbreitete passive Probennahmemethode.
- ⇒ einfache und preiswerte passive Probennahmemethode; in Deutschland noch weitgehend unbekannt
- ⇒ vergleichbare Systeme: Regenerated-Cellulose Dialysis Membrane Sampler und Rigid Porous Polyethylene Sampler
- ⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Tagesleistung

- ⇒ entfällt

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ Ermittlung des Wasservolumens, das während des Passivsammlereinsatzes durch den Filterbereich der Grundwassermessstelle horizontal geströmt ist

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Prüfverfahren

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Dokumentation der Ergebnisse

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Plausibilitätskriterien

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

⇒ der sachkundige Gebrauch ist durch ausführliche Bedienanleitung/Arbeitsanweisung zu gewährleistet

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

⇒ s. Typenblatt – Passivsammler Gore™ Surveys (s. Anh. 4.1.3.1)

Literaturhinweise/Links

⇒ Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006

Bildquelle:

http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/altlasten/veranstaltungen/Natural_Atten-uation/V11_InnovativeMess-undProbenahmetechniken.pdf

Anhang 4.1.4

Typenblätter

Grundwasserprobennahme bei besonderen Probennahmesituationen

Anhang 4.1.4.1

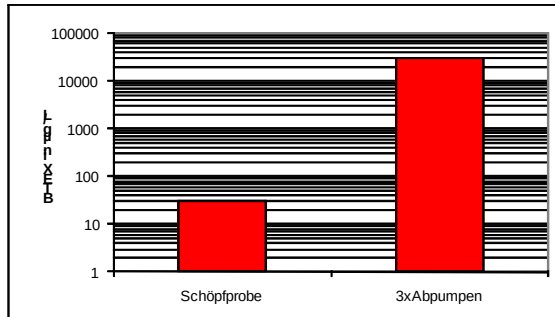
Typenblatt

Grundwasserprobennahme bei
besonderen Probennahmesituationen

**Hydraulisch gering ergiebige
Grundwasserleiter**

Typenblatt

Grundwasserprobennahme aus hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern



Entnahme von Grundwasserproben aus hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern

Anwendungsgebiet

⇒ Grundwasserüberwachung in hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Das Verfahren ist geeignet für Grundwassermessstellen, die in hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern ausgebaut wurden, gekennzeichnet dadurch, dass während des Abpumpens mit einer Pumpenförderleistung von >2 l/min kein konstanter Wasserspiegel in der Grundwassermessstelle erzielt werden kann.
- ⇒ Das Verfahren basiert auf der Annahme, dass die Wasserbeschaffenheit in der Grundwassermessstelle nicht gleich der Grundwasserbeschaffenheit außerhalb der Messstelle ist, dass in der Grundwassermessstelle eine Vertikalströmung existiert und das beim Einbau der Probennahmetechnik die Wassersäule in der Grundwassermessstelle beeinflusst wird.
- ⇒ Bedingt durch die bei der Probennahme einzustellende Förderrate von ca. 1 l/min und die daraus resultierende langfristig wirkende Druckentlastung des zu beprobenden Grundwassers ist zu prüfen, ob der Verlust an:
 - gelösten Gasen,
 - leicht flüchtigen Inhaltstoffen und
 - auf Druckveränderungen reagierende Inhaltsstoffe
 relevant sein kann und diese zu einer signifikanten Beeinflussung der Repräsentativität der Grundwasserprobe führen können. Gegebenenfalls sind druckhaltende Schöpfer zu verwenden (s. Typenblatt „Druckhaltende Schöpfer“, Anh. 4.1.2.1).
- ⇒ Geeignet für die Entnahme von repräsentativen Grundwasserproben aus klassisch ausgebauten Grundwassermessstellen (GWMS).
- ⇒ Erzielung reproduzierbarer, vergleichbarer Grundwasserprobennahmen

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ Verfahren wurde durch BGD GmbH für den Bereich des montanhydrologischen Monitorings (LMBV mbH) entwickelt und geprüft. Folgende Verfahrensweise wird vorgegeben:
 - Sollte eine Pumpenförderleistung von $QP \leq 2$ l/min erforderlich sein, d.h. ist eine Standardprobennahme aufgrund geringer Ergiebigkeit bzw. Grundwasserzustromes der Messstelle trotz niedrigster Förderleistung der Pumpe nicht möglich, so ist die Grundwasserprobennahmetechnik auf ca. Filteroberkante bzw. 0,5 m über Filterunterkante der GWMS einzubauen und die Messstelle leer zu pumpen. Dieser Vorgang ist an drei aufeinander folgenden Kalendertagen zu wiederholen und am vierten darauf folgenden Tag die Grundwasserprobe mit einer Förderleistung von $QP \leq 1$ l/min zu entnehmen.
 - Bei niedrigem Wasserstand bzw. geringem Wasservolumen in der Messstelle kann nach dreimaligem Abpumpen alternativ die Probennahme auch mit einem Schöpfer im Bereich der Filterstrecke erfolgen, wenn durch die Bauart des Schöpfers (vor und nach der Probennahme verschließbare Systeme, z.B. Ruttner-Schöpfer oder Schöpfer mit Fußventil) eine Beprobung

möglich ist. Auf dem Probennahmeprotokoll ist der verwendete Schöpfertyp anzugeben. Unzulässig ist die Beprobung des im Sumpfrohr befindlichen Wassers.

Tagesleistung

⇒ Abschätzung der Tagesleistung:
Dadurch bedingt, dass an dem vierten Tag die vorher dreifach abgepumpten Grundwassermessstellen zu beproben sind, können ca. 6 Messstellen an einem Tag beprobt werden. Das dreimalige Abpumpen erfordert einen geringeren Zeitaufwand, so dass zusätzlich an den Tagen des Abpumpens weitere Proben aus hydraulisch gut ergiebigen Grundwasserleitern entnommen werden können. Die dabei erzielbare Tagesleistung ist entsprechend der im Typenblatt „Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen“ (s. Anh. 4.1.1.1) enthaltenen Gleichung abzuschätzen.

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ siehe Typenblatt: Sonderprobennahme - druckhaltende Schöpfer (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen *(worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)*

⇒ siehe Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen
⇒ abgepumptes Wasservolumen während des dreimaligen Abpumpens
⇒ Verlauf der Wasserspiegelabsenkung und des vor jeder Abpumpphase in der Messstelle gemessenen Wasserspiegels.

Prüfverfahren

⇒ Soll-Ist-Vergleich
⇒ Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte

Dokumentation der Ergebnisse

⇒ Probennahmeprotokoll
⇒ digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Pumpenförderleistung (Durchfluss) und Wasserspiegelabsenkung

Plausibilitätskriterien

⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für Wasserspiegelabsenkung: ± 10 cm vom Soll-Wert
⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Anzahl der Abpumpphasen und -reihenfolgen

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
⇒ Im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen

Literaturhinweise/Links

⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 11/2007
⇒ <http://www.smul.sachsen.de/umwelt/wasser/download/Gesamtdokument.pdf>

Anhang 4.1.4.2

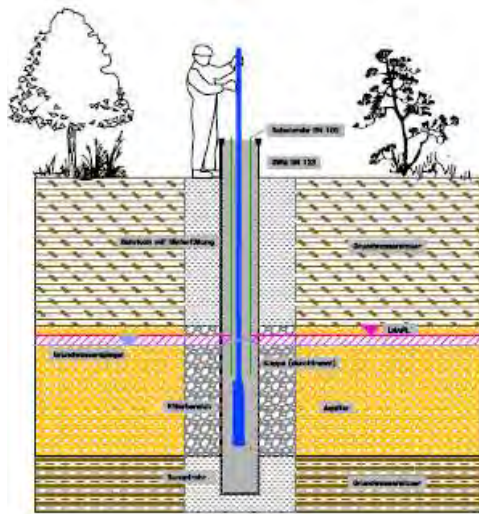
Typenblätter

Grundwasserprobennahme bei
besonderen Probennahmesituationen

Aufschwimmende Phase (LNAPL)

Typenblatt

Grundwasserprobennahme bei aufschwimmender Phase (LNAPL)



(Quelle: http://www.smul.sachsen.de/umwelt/wasser/download/RGWPN_2004.pdf)

Entnahme von Grundwasserproben bei gleichzeitiger Anwesenheit aufschwimmender Phase durch Einbringen der Probennahmetechnik mittels einer Schutzverrohrung (alternativ: Abschöpfung der Phase vor Probennahme)

Anwendungsgebiet

⇒ Grundwasserüberwachung

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Schutzverrohrung nicht geeignet für Grundwassermessstellen mit zu geringem Abstand zwischen Pumpe und Phasenunterkante
- ⇒ Schutzverrohrung nicht einsetzbar für Messstellen mit geringem Innendurchmesser (<4")
- ⇒ Phasenabschöpfung nicht anwendbar bei großen Phasenmächtigkeiten und/oder großem Nachlauf aus dem umgebenden Aquifer

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ Bei Verwendung einer Schutzverrohrung wird folgendes empfohlen:
 - schräger Anschnitt am unteren Rohrende (ca. 45°), der mit einer dicht schließenden Folie abgedeckt wird; vor dem Einsatz ist die Beständigkeit der Folie gegenüber den Phasenanteilen zu prüfen
 - das untere Rohrende sollte mindestens 1 m unterhalb der Phasenuntergrenze angeordnet werden

Tagesleistung

⇒ s. Typenblatt „Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen“ (s. Anh. 4.1.2.1)

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ entsprechend der Aufgabenstellung kann der zusätzliche Einsatz eines druckhaltenden Schöpfers erforderlich sein (s. Anh. 4.1.2.1)

Fehlerquellen (worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)

⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung

- ⇒ nicht vorhandene bzw. geprüfte Ausbauunterlagen für die zu beprobenden Grundwassermessstellen
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Grundwasserprobennahme
- ⇒ fehlender schräger Anschnitt am unteren Ende der Schutzverrohrung; dadurch kann sich die Folie mit Phasenanteilen nach innen wölben, wodurch beim Durchstoßen der Pumpe diese mit Phasenanteilen in Kontakt kommen kann (spätestens beim Ausbau der Pumpe aus der Schutzverrohrung)
- ⇒ mangelhafte Beständigkeit der Folie gegenüber den Bestandteilen der Phase
- ⇒ zu geringe Einbautiefe der Schutzverrohrung unterhalb der Phasenunterkante mit der daraus resultierenden Gefahr des Ansaugens bzw. Verschleppens von Phasenanteilen

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen
- ⇒ Lage und Mächtigkeit der Phase
- ⇒ Messstellenspezifisch festgelegtes Wasservolumen, das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpen ist (hydraulisches Abbruchkriterium)
- ⇒ Messstellenspezifisch festgelegte Wasserspiegelabsenkung
- ⇒ Messstellenspezifisch festgelegte Pumpenförderleistung, wobei diese zu verringern ist, wenn die Wasserspiegelabsenkung bei dem Soll-Wert in Folge Messstellenalterung größer ist. In diesem Fall ist die Pumpenförderleistung so weit zu reduzieren, bis der Soll-Wert der Wasserspiegelabsenkung wieder erreicht wurde.
- ⇒ Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prüfung der Analysenergebnisse auf Hinweise einer Phasenverschleppung
- ⇒ Prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll, vor allem hinsichtlich Lage und Mächtigkeit der Phase, Einbautiefe der Schutzverrohrung, einschließlich der Beschreibung des Einbaus der Schutzverrohrung
- ⇒ Digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Pumpenförderleistung (Durchfluss), abgepumpten Wasservolumen und Wasserspiegelabsenkung

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Prüfung der nach einer Grundwasserprobennahme mit Schutzverrohrung entnommenen Grundwasserproben (Analysenwerte) auf Indizien einer Phasenverschleppung
- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für hydraulisches Abbruchkriterium: $\pm 10\%$ vom Soll-Wert
- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für Wasserspiegelabsenkung: ± 5 cm vom Soll-Wert
- ⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung in Zusammenhang mit der Wasserspiegelabsenkung

Literaturhinweise/Links

- ⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 11/ 2007
- ⇒ http://www.smul.sachsen.de/umwelt/wasser/download/RGWPN_2004.pdf

Anhang 4.2

Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

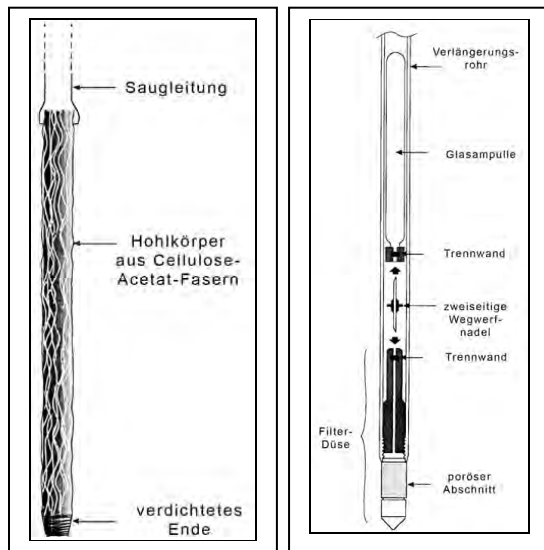
Anhang 4.2.1

Typenblätter

Bodenwasserprobennahme Internationale Sonderverfahren (ASTM)

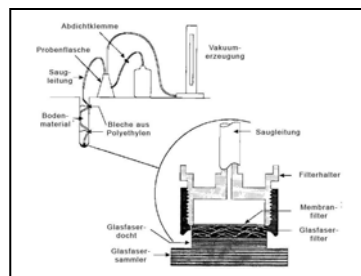
Typenblatt

Bodenwasserprobennahme - Internationale Sonderverfahren (ASTM)

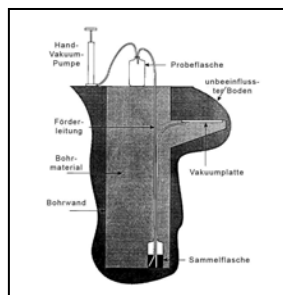


a)

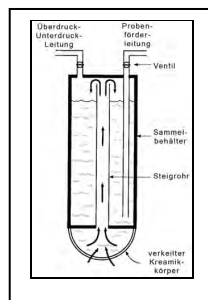
b)



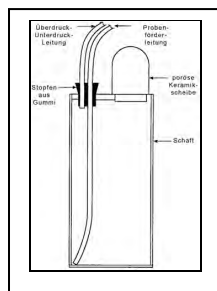
c)



d)



e)



e)

(Quelle ASTM, 2000)



e)

Verfahrensgrundsätze

a) Probennahmer aus Fasern:

Probennahmer, der aus einem Hohlkörper aus Cellulose-Acetat-Fasern, welche am Ende verdichtet sind, besteht. Die Saugleitung ist am oberen Ende der Fasern angebracht. Die sehr dünnen Fasern können zum Schutz in einem perforierten PVC-Rohr, welches mit flüssigem Bodenmaterial gefüllt ist, eingebaut werden. An die Apparatur kann ein konstanter Druck von 0,81 bar angelegt werden, wodurch eine Probennahme in schluffigen Lehmen mit Feuchten zwischen 20 – 50 % möglich ist.

b) Probennahmer mit Filterdüse:

Die zweiseitige Apparatur besteht aus einer permanent installierten Filterdüse und einer entnehmbaren Glasampulle. Bei der Probennahme werden die Trennwände mit einer zweiseitigen Nadel durchstochen und die Flüssigkeit kann durch den anliegenden Unterdruck in der Glasampulle eintreten. Der Unterdruck nimmt mit steigendem Probevolumen (maximal 35 ml) bis zum Druckausgleich ab.

c) Probennahmer mit Membranfilter:

Der Membranfilter ist in einem Filterhalter montiert, der auf dem Glasfaserfilter sitzt. Der Glasfaserfilter befindet sich auf Glasfaserdichten, die wiederum auf einem Glasfasersammler montiert sind. Der Glasfasersammler hat Bodenkontakt und erhöht die Probennahmereichweite des Filters. Die Saugleitung reicht vom Filterhalter zur Oberfläche. Die Bodenlösung gelangt in den Sammler durch dessen Kapillarkräfte, der Transport der Lösung erfolgt im Anschluss durch Ansaugen aus dem Sammler in den Filter und von dort aus zur Oberfläche.

d) Probennahmer mit Vakuumplatte:

Die Vakuumplatte besteht aus einer flachen, porösen Scheibe, die an eine Saugleitung angeschlossen wird. Die Vakuumplatte wird in einen seitlichen Hohlraum der Bohrlochwand an die Decke angebracht. Zur Anbringung nutzt man Druckmembranen oder verborgene Rohre, für die Verbesserung des hydraulischen Kontakts findet Quarzmehl Einsatz. Der Vorteil der Apparatur besteht in der großen Kontaktfläche, sodass ein großes Probevolumen in kurzer Zeit gewonnen werden kann.

e) Druck-Unterdruck-Probennahmer:

Es handelt sich um Probennahmer mit einem porösen Segment seitlich am Schaft, einem Probennahmer mit Sammelkammer und einem Probennahmer mit poröser Scheibe oberhalb des Schaftes, die einen Durchmesser von 7,6 bis 12,7 cm aufweist.

Anwendungsgebiet

⇒ Sickerwasserprobennahme in der ungesättigten Bodenzone

Anwendungsgrenzen

⇒ Eignung beeinflusst durch chemische Zusammensetzung des Bodenwassers, Lithologie des Bodens und Material der Kerze/Platte

⇒ Einsatz in Tiefen unter 7,5 m

a)

Entwicklungs- und Erfahrungsstand

⇒ Gegenwärtig sind Bauteile aus Keramik, PTFE, Fritteglas, Cellulose und Edelstahl verfügbar. Der Einbau erfolgt zumeist in mehreren Teufen.

Tagesleistung

⇒ entfällt

Erforderliche Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ US E.P.A.: Probennahme nach Niederschlagsereignissen, da diese Zeiträume durch hohe Bodenwassergehalte gezeichnet sind und der Boden mehr Schadstoffe austrägt

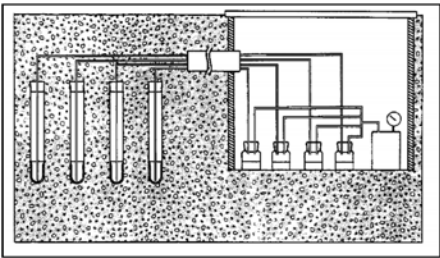
⇒ Die Probennahmegeräte sind vorzugsweise in der Bohrlochwandung zu installieren. Der Einbauwinkel sollte dabei in Anlehnung an die U.S. EPA zwischen 30° und 45° umfassen. Diese Verfahrensweise sichert eine ungestörte Bodensäule oberhalb der Saugsonde und simuliert natürliche Bedingungen, da das Porensystem nicht zerstört wird.

Fehlerquellen

⇒ Mangelhafte Formulierung der Zielstellung – keine Festlegung zu dem zu verwendenden Entnahmedruck bzw. Entnahmedruckbereich

⇒ Systembedingt:

- Verlust leichtflüchtiger organischer Verbindungen durch Unterdruckförderung
- WOOD et al. entwickelte diesbezüglich eine Apparatur, an dessen Schaft eine Spülkammer mit einem Abscheider aus Harz angeschlossen ist. An diesem binden sich während der Probenahme leicht flüchtige Stoffe und können gesondert entnommen werden
- hydraulischer Einfluss der Saugsonden auf den Bodenwasserhaushalt, orientiert sich an Bodenstruktur und –saugspannung, beträgt je nach Kerzengröße bei Grobböden bis zu 10 cm und bei Feinböden bis zu 90 cm
- WARRICK und AMOOZEGEAR-FARD entwickelten zum Abschätzen des beeinflussten Radius durch verschiedene Saugspannungen analytisches Gleichungssystem, NARASIMHAN/DRIESS entwickelte ein numerisches Verfahren zur Simulation der Einflüsse einer Saugsonde auf den Bodenwasserhaushalt
- Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite, dadurch Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen, (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)
- Clogging/Ausfällung/mikrobieller Bewuchs der Kerze, folglich Porenraumverringerung des porösen Materials abhängig vom Boden, dem Kerzenmaterial, der Saugspannung und dem Alter
- Freisetzen von Bestandteilen des porösen Kerzenmaterials, Verfälschungen der Analysenergebnisse

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde  Quelle: DVWK 1990
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

Qualitätskontrolle

⇒ Reinigungsverfahren und Anwendungsvorgaben zum Einbau/Probenförderung/Lagerung entsprechend ASTM 4696-92

Literaturhinweise/Links

- ⇒ ASTM D 4696-92 (2000): Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone, American Society for Testing and Materials.
- ⇒ DVWK (1990): Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.

Anhang 4.2.2

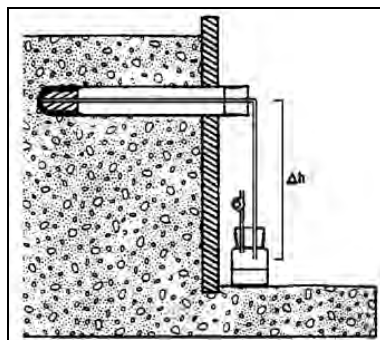
Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

Einbauvarianten

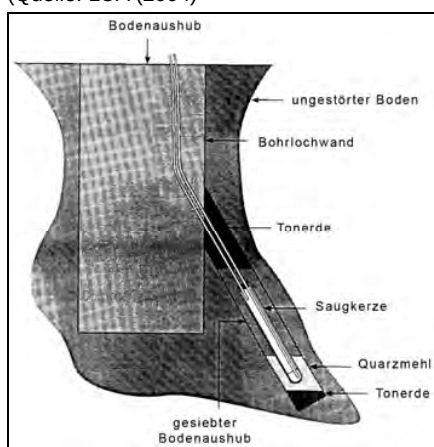
Typenblatt

Bodenwasserprobennahme - Einbauvarianten



(I)

(Quelle: LUA (2004))



(II)

(Quelle: ASTM 4696-92, 2000)

Verfahrensgrundsätze

Horizontaler Einbau (s. Abb. I)

Die Installation erfolgt von der Profilwand bzw. von einem Messschacht aus. Die feuchte Kerze wird in das Bohrloch hineingedrückt, ggf. unter einem geringfügigen Wasserüberdruck in der Kerze (Einschwemmen der Kerze). Der Bohrl Lochdurchmesser im Bereich des Einbauortes der Kerze ist dabei etwa 2 mm kleiner als der Durchmesser der Kerze bzw. des Schaftes. Die Förderung des Bodenwassers erfolgt durch die hängende Wassersäule im Schlauch, der einen Durchmesser von kleiner 2 mm hat.

Schräger Einbau (s. Abb. II)

Der Einbauwinkel beträgt mindestens 20°. Diese Verfahrensweise sichert analog Abb. I eine ungestörte Bodensäule oberhalb der Saugkerze und simuliert natürliche Bedingungen, da das Porensystem nicht zerstört wird. Ragt der Schaft über das Gelände hinaus, ist eine zusätzliche Dichtmanschette zur Ableitung des Niederschlagswassers nötig.

Vertikaler Einbau

Hierbei muss der Bohrl Lochdurchmesser größer als der Kerzen- bzw. Schaftdurchmesser sein. Die befeuchtete Kerze wird in das Bohrloch eingesetzt. Für den Kontakt zwischen Kerze und Boden sorgt ein Einschlämmmaterial.

Anwendungsgebiet

⇒ Bodenwasserprobennahme

Anwendungsgrenzen

	Horizontaler Einbau	Vertikaler Einbau
Vorteile	- keine durch Einbau bedingten vertikalen Fließwege - einfache Möglichkeit der konstanten Unterdruckerzeugung durch hängende Wassersäule - einfache Möglichkeit der gasdichten Bodenwassergewinnung - einfache Wartung und Betrieb - Möglichkeit der Installation mehrerer Saugkerzen in einem Horizont	- Installationstiefe wird nur durch Lufteintrittspunkt der Saugkerze (Ein-Kammer-System) oder Betriebsdruck (Zwei-Kammer-System) bestimmt - teufenorientierte Probennahme möglich - kostengünstig, da kein Schurf notwendig

	Horizontaler Einbau	Vertikaler Einbau
Nachteile	• Installationstiefe auf ca. 4 m unter Gelände begrenzt • aufwendig und teurer durch Errichtung eines Probennahmeschurfes oder -schachtes • erhöhter Arbeitsschutzbedarf in kontaminierten Bereichen	• externe Anordnung einer Unterdruckerzeugungseinheit • empfindlicher Druckwechsel • kein <u>nachträglicher</u> Umbau des Systems für gasdichte Probennahme möglich

Entwicklungs- und Erfahrungsstand

⇒ Gegenwärtig sind Saugkerzen aus Keramik, PTFE, Siliciumkarbid, Glas und Edelstahl verfügbar.

Tagesleistung

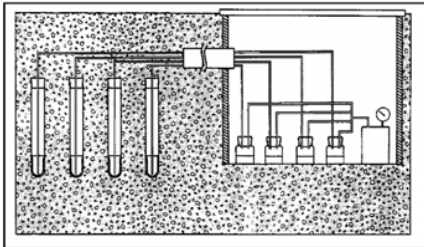
⇒ entfällt

Erforderliche Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Kontinuierlicher/diskontinuierlicher Betrieb
- ⇒ wichtige Randbedingungen wie Temperatur, Strahlungsverhältnisse, Niederschlagsmenge sowie Niederschlagsverteilung, sind möglichst als konkrete Messungen an Ort und Stelle, zur Abschätzung der Infiltrationsraten zu ermitteln
- ⇒ bei der Überwachung der Versickerungszone sind möglichst alle Phasen zu beproben (Feststoffphase, Bodenwasser und Bodenluft)
- ⇒ Bestätigung der Messwerte durch Laboruntersuchungen/Elutionsversuche
- ⇒ kapillardruckgesteuerter Betrieb der Saugsonden zur Gewährleistung gleicher Probennahmebedingungen
- ⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen.

Fehlerquellen

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung – keine Festlegung zu dem zu verwendenden Entnahmedruck bzw. Entnahmedruckbereich
- ⇒ Systembedingt:
 - horizontaler Einbau: bei der Installation kann es durch Krafteinwirkung zur Gefügeänderungen und der Verschleppung von Bodenmaterial kommen
 - vertikaler Einbau: Störung des Bodengefüges durch größeren Bohrdurchmesser und Einschlüssen des Materials sowie Entstehung vertikaler Fließwege durch fehlerhaften Einbau möglich
 - Entgasung leichtflüchtiger Verbindungen aus dem Bodenwasser durch Unterdruck

• Handhabungsbedingt:		
Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde 
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

Quelle: DVWK 1990

Qualitätskontrolle

⇒ Reinigungsverfahren und Anwendungsvorgaben zum Einbau von Saugkerzen/Probenförderung/Lagerung entsprechend DVWK-Merkblatt 217 und LMBV-Merkblatt, 2007

Literaturhinweise/Links

- ⇒ ASTM D 4696-92 (2000): Standard guide for pore-liquid sampling from the vadose zone, American Society for Testing and Materials.
- ⇒ DVWK (1990): Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- ⇒ LMBV (2007): Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007
- ⇒ LUA (2004): Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.
- ⇒ Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J. (2007): Vergleichende Analyse von Beprobungsverfahren zur Bewertung des Stofftransportes in der Versickerungszone, Endbericht 2007.

Anhang 4.2.3

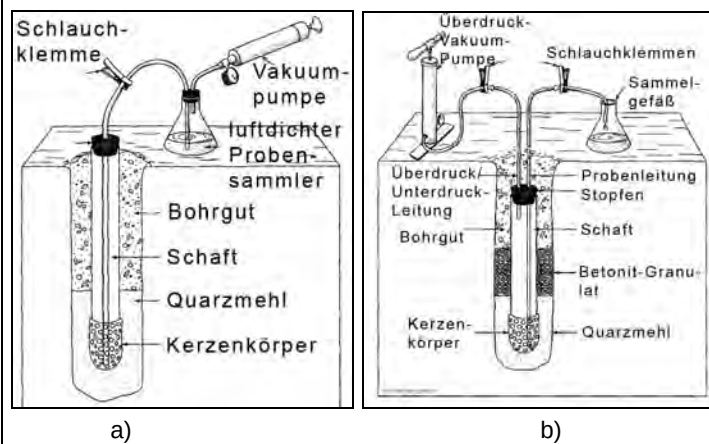
Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

Ein-Kammer-Saugkerzen

Typenblatt

Bodenwasserprobennahme - Ein-Kammer-Saugkerzen



Verfahrensgrundsätze

Entnahme von Bodenwasser über Saugkerze durch Anlegen eines Unterdrucks, der die Wasserspannung des Bodens übersteigt. Bei Ein-Kammer-Systemen ist eine Unterteilung anhand der Probenförderung möglich.

Abb. a): Zur Gewinnung von Bodenlösung wird ein Unterdruck durch eine Handpumpe oder einen Unterdruckbehälter erzeugt.

Abb. b): Durch Unterdruck wird die Bodenlösung angesaugt und im Schaft gesammelt. Im Anschluss daran erfolgt die Förderung des Bodenwassers mit Hilfe von Überdruck in das externe Sammelgefäß, wobei die Kerze als Rückschlagventil dient.

(Quelle LUA, 2004)

Anwendungsgebiet

⇒ Bodenwasserprobennahme

Anwendungsgrenzen

- ⇒ Eignung wird beeinflusst durch die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers, Lithologie des Bodens und das Kerzenmaterial
- ⇒ die Entnahmetiefen sind je nach Kerzenmaterial (Lufteintrittspunkt) verschieden, Schwankungsbereich zwischen 1 – 15 m
- ⇒ geeignet für Stoffkonzentrationen >1 mg/l, in Spurenbereichen nur bedingt geeignet
- ⇒ der Einsatz in Böden mit stark lateraler Wasserbewegung ist unzuverlässig

Entwicklungs- und Erfahrungsstand

- ⇒ Gegenwärtig sind Saugkerzen aus Keramik, PTFE, Siliciumkarbid, Glas und Edelstahl verfügbar. Der Einbau kann in horizontaler, vertikaler oder schräger Anordnung erfolgen.

Tagesleistung

- ⇒ entfällt

Erforderliche Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

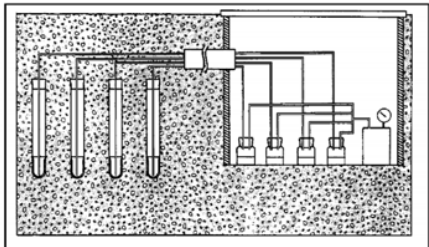
- ⇒ kontinuierlicher/diskontinuierlicher Betrieb
- ⇒ wichtige Randbedingungen wie Temperatur, Strahlungsverhältnisse, Niederschlagsmenge sowie Niederschlagsverteilung sind möglichst als konkrete Messungen an Ort und Stelle, zur Abschätzung der Infiltrationsraten zu ermitteln
- ⇒ bei der Überwachung der Versickerungszone sind möglichst alle Phasen zu beproben (Feststoffphase, Bodenwasser und Bodenluft)
- ⇒ Bestätigung der Messwerte durch Laboruntersuchungen/Elutionsversuche
- ⇒ kapillardruckgesteuerter Betrieb der Saugsonden zur Gewährleistung gleicher Probennahmebedingungen
- ⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen

Fehlerquellen

⇒ Systembedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Klebermaterial	Veränderungen des Bodenwassers durch Kontakt möglich	Schraubverbindungen oder verkeilte Saugkerzen nutzen
Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite	Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)	Auswahl geeigneter Kerzenmaterialien, höhere Durchflussraten
Unterdruck	Entgasung von leicht flüchtigen Stoffen im Bodenwasser in Abhängigkeit des Dampfdruckes	Zwei-Kammer-Saugkerze (Förderung durch Überdruck), Förderung mittels hängender Wassersäule (horizontaler Einbau), Nutzung flexibler Kunststofftaschen statt Glasflaschen, die sich beim Sammeln der Probe ausdehnen
Unterdruck	Einfluss auf Sickerwasserkonzentration, da unterschiedliche Wasserbindungsformen entnommen werden (Gravitations- oder Kapillarwasser)	
Materialwechselwirkungen zwischen Saugkerze und Bodenwasser	Analyseverfälschungen durch Ausfällungen aufgrund: Änderung der Redoxspannung und Änderung des pH-Wertes (bis zu 0,28 bzw. 0,44 pH-Stufen durch Freisetzung von CO ₂)	Redoxmilieu konstant durch vorheriges Spülen mit Stickstoff, pH-Änderungen bei langen Probenahmezeiträumen unbedeutend
Clogging/ Ausfällungen/ mikrobieller Bewuchs der Kerze	Porenraumverringerung des porösen Materials abh. durch Boden, Kerzenmaterial, Saugspannung, Alter	säubern (Material abhängig), auswechseln, Spülen mit destilliertem Wasser und 30 min bei 0,34 bar auspressen, Verwendung von Quarzmehl (Filterwirkung)
Freisetzungen von Bestandteilen des porösen Kerzenmaterials	Verfälschungen der Analyseergebnisse	spezifische Auswahl der Kerzenmaterialien für jede Fragestellung

⇒ Handhabungsbedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde 
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

Quelle: DVWK 1990

Fehlerquellen

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für den Einbau, den Betrieb sowie Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ mangelhafter Einbau
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ keine bodenspezifische Festlegung des Bodenwasserentnahmedruckes
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Bodenwasserprobennahme

Qualitätskontrolle

- ⇒ Reinigungsverfahren und Anwendungsvorgaben zum Einbau/Probenförderung/Lagerung entsprechend DVWK-Merkblatt 217 und LMBV-Merkblatt 11/2007.

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK (1990): Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- ⇒ LMBV (2007): Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007
- ⇒ LUA (2004): Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probenahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.
- ⇒ Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J. (2007): Vergleichende Analyse von Beprobungsverfahren zur Bewertung des Stofftransportes in der Versickerungszone, Endbericht 2007.

Anhang 4.2.4

Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

Zweikammer-Saugkerzen

Typenblatt

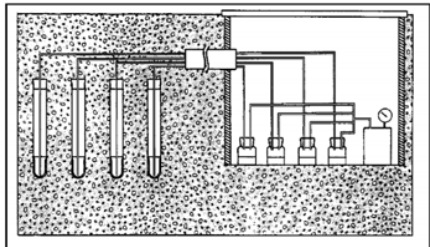
Bodenwasserprobennahme - Zwei-Kammer-Saugkerzen	
	Verfahrensgrundsätze Entnahme von Bodenwasser über den Kerzenkörper durch Anlegen eines Unterdrucks, der die Wasserspannung des Bodens übersteigt. Sammlung des Bodenwassers im Schaft und Förderung durch Überdruck an die Oberfläche. Dabei schließt sich ein Ventil, sodass der Rückstrom in die Kerze unterbunden wird. Legende: a) Kerzenkörper b) Ventil c) Schaft d) Unterdruck/Überdruckleitung e) Probenförderleitung (Quelle: LUA, 2004)
Anwendungsgebiet	
⇒ Bodenwasserprobennahme	
Anwendungsgrenzen	
⇒ Eignung wird beeinflusst durch die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers, Lithologie des Bodens und das Kerzenmaterial (Betriebsdruck) ⇒ geeignet für Stoffkonzentrationen >1 mg/l, in Spurenbereichen nur bedingt geeignet ⇒ der Einsatz in Böden mit stark lateraler Wasserbewegung ist unzumutbar	
Entwicklungs- und Erfahrungsstand	
⇒ Gegenwärtig sind Saugkerzen aus Keramik, PTFE, Siliciumkarbid, Glas und Edelstahl verfügbar. Der Einbau kann in horizontaler, vertikaler oder schräger Anordnung erfolgen.	
Tagesleistung	
⇒ entfällt	
Erforderliche Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung	
⇒ kontinuierlicher/diskontinuierlicher Betrieb ⇒ wichtige Randbedingungen wie Temperatur, Strahlungsverhältnisse, Niederschlagsmenge sowie Niederschlagsverteilung sind möglichst als konkrete Messungen an Ort und Stelle, zur Abschätzung der Infiltrationsraten zu ermitteln ⇒ bei der Überwachung der Versickerungszone sind möglichst alle Phasen zu beproben (Feststoffphase, Bodenwasser und Bodenluft) ⇒ Bestätigung der Messwerte durch Laboruntersuchungen/Elutionsversuche. ⇒ kapillardruckgesteuerter Betrieb der Saugsonden zur Gewährleistung gleicher Probennahmebedingungen ⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen	

Fehlerquellen

⇒ Systembedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Klebermaterial	Veränderungen des Bodenwassers durch Kontakt möglich	Schraubverbindungen oder verkeilte Saugkerzen nutzen
Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite	Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)	Auswahl geeigneter Kerzenmaterialien, höhere Durchflussraten
Unterdruck	Entgasung von leicht flüchtigen Stoffen im Bodenwasser in Abhängigkeit des Dampfdruckes	Zwei-Kammer-Saugkerze (Förderung durch Überdruck), Förderung mittels hängender Wassersäule (horizontaler Einbau), Nutzung flexibler Kunststofftaschen statt Glasflaschen, die sich beim Sammeln der Probe ausdehnen
Unterdruck	Einfluss auf Sickerwasserkonzentration, da unterschiedliche Wasserbindungsformen entnommen werden (Gravitations- oder Kapillarwasser)	
Materialwechselwirkungen zwischen Saugkerze und Bodenwasser	Analyseverfälschungen durch Ausfällungen aufgrund: Änderung der Redoxspannung und Änderung des pH-Wertes (bis zu 0,28 bzw. 0,44 pH-Stufen durch Freisetzung von CO ₂)	Redoxmilieu konstant durch vorheriges Spülen mit Stickstoff, pH-Änderungen bei langen Probenahmezeiträumen unbedeutend
Clogging/ Ausfällungen/ mikrobieller Bewuchs der Kerze	Porenraumverringerung des porösen Materials abh. durch Boden, Kerzenmaterial, Saugspannung, Alter	säubern (Material abhängig), auswechseln, Spülen mit destilliertem Wasser und 30 min bei 0,34 bar auspressen, Verwendung von Quarzmehl (Filterwirkung)
Freisetzungen von Bestandteilen des porösen Kerzenmaterials	Verfälschungen der Analyseergebnisse	spezifische Auswahl der Kerzenmaterialien für jede Fragestellung

⇒ Handhabungsbedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde 
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

Quelle: DVWK 1990

Fehlerquellen

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für den Einbau, den Betrieb sowie Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ mangelhafter Einbau
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ keine bodenspezifische Festlegung des Bodenwasserentnahmedruckes
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Bodenwasserprobennahme

Qualitätskontrolle

- ⇒ Reinigungsverfahren und Anwendungsvorgaben zum Einbau/Probenförderung/Lagerung entsprechend DVWK-Merkblatt 217 und LMBV-Merkblatt 11/2007.

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK (1990): Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- ⇒ LMBV (2007): Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007
- ⇒ LUA (2004): Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probenahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.
- ⇒ Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J. (2007): Vergleichende Analyse von Beprobungsverfahren zur Bewertung des Stofftransportes in der Versickerungszone, Endbericht 2007.

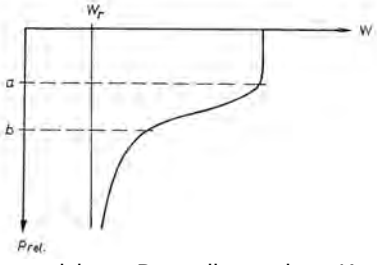
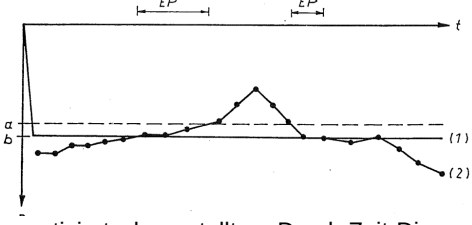
Anhang 4.2.5

Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

Kapillardruckgesteuerte Probennahme

Typenblatt

Bodenwasserprobennahme - kapillardruckgesteuerte Probenahme	
 Schematisierte Darstellung einer Kapillardruck ($p_{rel.}$)-Wassergehalts (w)-Funktion mit Restwassergehalt (w_r) und den Druckbereichen $<a$: für die Entnahme des mobilen Bodenwasseranteils, $<b$: für die Entnahme des mobilen und vorrangig immobil Bodenwasseranteils (Mischwasserprobe) und a bis b: Bodenwasserprobe aus dem vorrangig immobil Bodenwasserbereich  Schematisiert dargestelltes Druck-Zeit-Diagramm für einen offenen Bodenwassersammler, bei dem der geplante Entnahmedruck ständig angelegt wird und nur dann eine Bodenwasserprobe entnommen wird, wenn der mittels Tensiometer gemessene Druck zwischen a und b liegt. Kurve 1: zeitlicher Verlauf des Drucks im Sammelbehälter und die Kurve 2: im Tensiometer gemessenen Druckverlauf. Die Entnahmephasen sind mit „EP“ gekennzeichnet	Verfahrensgrundsätze Auch bei einer kapillardruckgesteuerten Bodenwasserprobennahme ist zuerst festzulegen, welcher Bereich des Bodenwassers (mobiles Bodenwasser, d.h. Sickerwasser oder der mehr immobile Bodenwasseranteil) beprobt werden soll. Dies erfolgt auf der Grundlage einer im Labor ermittelten Saugspannungs-Wassergehalts-Funktion, auch als pF-Kurve oder Kapillardruck-Wassergehalts-Funktion bezeichnet (s. obere Abbildung, links). Eine kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme ermöglicht eine selektive Entnahme von Bodenwasserproben aus dem mobilen Bodenwasserbereich (Sickerwasser), dem vorrangig immobil Bodenwasserbereich oder weiterer Teilbereichen. Die linke untere Abbildung zeigt das schematisiert dargestellte Druck-Zeit-Diagramm für einen Bodenwassersammler, bei dem der geplante Entnahmedruck ständig angelegt wird und nur dann eine Bodenwasserprobe entnommen wird, wenn der mittels Tensiometer gemessene Druck zwischen a und b liegt. Dies erfolgt durch Steuerung des Entnahmedrucks.
Anwendungsgebiet	
⇒ Sickerwasserprobennahme in Kombination mit Tensiometermessungen	
Anwendungsgrenzen	
⇒ eine Kapillardrucksteuerung gewährleistet gleiche Probennahmebedingungen ⇒ geeignet für eine prozessbezogene Auswertung von Stoffkonzentrationen im Bodenwasser und zur Erstellung von Prognosemodellen ⇒ geeignet für Stoffkonzentrationen >1 mg/l, in Spurenbereichen nur bedingt geeignet ⇒ der Einsatz in Böden mit stark lateraler Wasserbewegung ist unzuverlässig	

Entwicklungs- und Erfahrungsstand

Mit einer kapillardruckgesteuerten Bodenwasserprobennahme ist es möglich, bei der Probennahme auch die Bindungsform des Wassers im Boden zu berücksichtigen. Diese Aufgabe kann z.B. dadurch gelöst werden, dass insbesondere während der Probenahme der Druckverlauf in einem Tensiometer, dass außerhalb des Einflussbereiches des Bodenwassersammlers (Saugkerzensystem) installiert wurde, gemessen und dieser Druck im Vergleich zu dem im Sammelbehälter gemessenen Druck ausgewertet wird. Durch dieses Verfahren kann die entnommene Probe eindeutig einer bestimmten Bindungsform des Wassers im Boden zugeordnet werden bzw. wird gesichert, dass die Probe nur aus dem gewünschten Bodenwasserbereich entnommen wird.

Die sich aus einer kapillardruckgesteuerten und ungesteuerten Bodenwasserprobennahme ergebenden Konzentrationsunterschiede werden in den nachfolgenden Abbildungen erläutert (LUCKNER u.a., 1989). In dem Beispiel wird ein vertikal eingebautes Sickerwasserprobennahmesystem (SGM) mit einem horizontal installierten Sickerwasserprobennahmesystem (Messschacht) verglichen, deren Keramikkerzen in den gleichen Teufen installiert wurden. Verwendet wurde bei beiden Probennahmesystemen Keramikkerzen der Fa. Soilmoisture Equipment Corp. Typ High Flow mit einem Außendurchmesser von ca. 50 mm, einer Länge von ca. 60 mm, einer Wandungsstärke von ca. 2,5 mm und einem Lufteintrittspunkt von ca. 1 Bar. Die Probennahmen erfolgten unterhalb eines Rieselfeldes, das mit Klarwasser betrieben wurde.

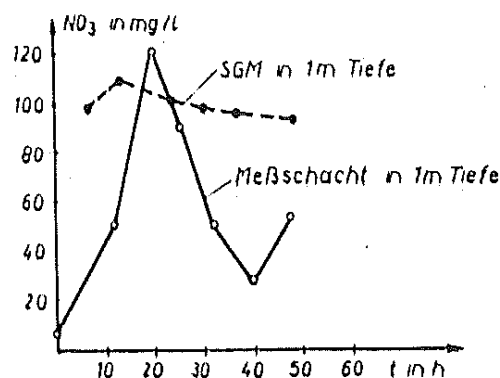


Abb. 1: Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „Messschacht“ mit einem vertikal installierten und ungesteuert betriebenen Bodenwassersammler „SGM“ (LUCKNER u.a., 1989)

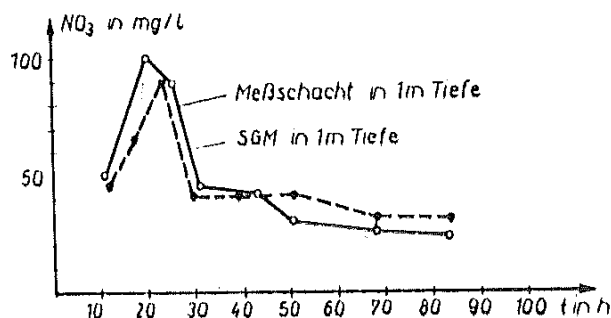


Abb. 2: Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „Messschacht“ mit einem vertikal installierten und ebenfalls kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „SGM“ (LUCKNER u.a., 1989)

Aus dem Vergleich der beiden Abbildungen, wird sowohl der Einfluss der Kapillardruck gesteuerten Bodenwasserprobennahme auf die in der Wasserproben analysierte Stoffkonzentration, als auch die Vergleichbarkeit der mittel horizontal und vertikal installierten Bodenwassersammelsystemen erzielbaren Ergebnisse deutlich. Damit wird nachdrücklich die Bedeutung des Einsatzes der Kapillardruck gesteuerten Bodenwasserprobennahme für eine Erzielung belastbarer und repräsentativer Bodenwasserüberwachungsdaten, wie sie vor allem im Rahmen der Sickerwasserprognose erforderlich ist, untersetzt.

(Quelle: Patentschrift DD 294 616 A7 „Verfahren zur Steuerung bzw. Regelung der Fluidprobennahme“)

Tagesleistung

⇒ entfällt

Erforderliche Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">⇒ wichtige Randbedingungen wie Temperatur, Strahlungsverhältnisse, Niederschlagsmenge sowie Niederschlagsverteilung sind möglichst als konkrete Messungen an Ort und Stelle, zur Abschätzung der Infiltrationsraten zu ermitteln⇒ die kontinuierliche Messung und Auswertung des aktuellen Kapillardruckes ist grundsätzliche Voraussetzung⇒ grundsätzlich werden Zweikammer-Saugkerzensysteme benötigt, bei denen eine hydraulische Entkopplung des Bodenwassersammelgefäßes von der Saugkerze für den Fall erfolgt, wenn der Kapillardruck kleiner als der Entnahmedruck ist und somit das gesammelte Bodenwasser vom Boden zurückgesaugt wird⇒ es wird weiterhin eine Entnahmedrucksteuereinheit benötigt⇒ Bestätigung der Messwerte durch Laboruntersuchungen/Elutionsversuche⇒ Probenahme in Kombination mit Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen |
|--|

Fehlerquellen)

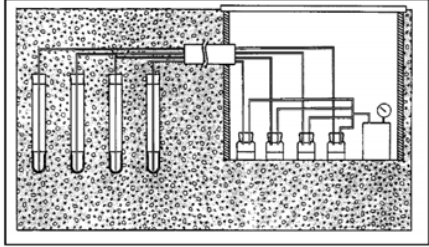
- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung – keine Festlegung zu dem zu verwendenden Entnahmedruck bzw. Entnahmedruckbereich⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für den Einbau, den Betrieb sowie Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden⇒ mangelhafter Einbau⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten⇒ keine bodenspezifische Festlegung des Bodenwasserentnahmedruckes⇒ mangelhafte Dokumentation der Bodenwasserprobennahme |
|---|

Fehlerquellen

⇒ Systembedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Klebermaterial	Veränderungen des Bodenwassers durch Kontakt möglich	Schraubverbindungen oder verkeilte Saugkerzen nutzen
Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite	Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)	Auswahl geeigneter Kerzenmaterialien, höhere Durchflussraten
Unterdruck	Entgasung von leicht flüchtigen Stoffen im Bodenwasser in Abhängigkeit des Dampfdruckes	Zwei-Kammer-Saugkerze (Förderung durch Überdruck), Förderung mittels hängender Wassersäule (horizontaler Einbau), Nutzung flexibler Kunststofftaschen statt Glasflaschen, die sich beim Sammeln der Probe ausdehnen
Materialwechselwirkungen zwischen Saugkerze und Bodenwasser	Analyseverfälschungen durch Ausfällungen aufgrund: Änderung der Redoxspannung und Änderung des pH-Wertes (bis zu 0,28 bzw. 0,44 pH-Stufen durch Freisetzung von CO ₂)	Redoxmilieu konstant durch vorheriges Spülen mit Stickstoff, pH-Änderungen bei langen Probenahmezeiträumen unbedeutend
Clogging/ Ausfällungen/ mikrobieller Bewuchs der Kerze	Porenraumverringerung des porösen Materials abh. durch Boden, Kerzenmaterial, Saugspannung, Alter	säubern (Material abhängig), auswechseln, Spülen mit destilliertem Wasser und 30 min bei 0,34 bar auspressen, Verwendung von Quarzmehl (Filterwirkung)
Freisetzungen von Bestandteilen des porösen Kerzenmaterials	Verfälschungen der Analyseergebnisse	spezifische Auswahl der Kerzenmaterialien für jede Fragestellung

⇒ Handhabungsbedingt:

Fehlerquelle	Folge	Evtl. Gegenmaßnahme
Installation von Saugkerzenanlagen	Gefügeänderungen, dadurch Verdichtung von Aggregatzwischenräumen und Röhrensystemen, Verschmieren von Tonbelägen	schräger Einbau der Saugkerzen
lange Probenahmezeiten	Änderung der Beschaffenheit durch mikrobielle Prozesse, keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse	vor Temperaturänderungen und Lichteinfall schützen (z.B. durch abgedeckte Erdmulde), um mikrobielle Tätigkeit zu minimieren, ggf. andere Verfahren anwenden
Lagerung ohne Schutz vor Temperaturänderungen oder Lichteinfall	Beschaffenheitsänderungen des Bodenwassers	Lagerung in einer Erdmulde 
unzureichender Schutz der Leitungen	Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren	Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz

Quelle: DVWK 1990

Qualitätskontrolle

⇒ Reinigungsverfahren und Anwendungsvorgaben zum Einbau/Probenförderung/Lagerung entsprechend DVWK-Merkblatt 217 und LMBV-Merkblatt 11/2007.

Literaturhinweise/Links

- ⇒ DVWK (1990): Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode, DVWK-Merkblatt 217, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- ⇒ LMBV (2007): Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, 30.11.2007
- ⇒ LUA (2004): Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.
- ⇒ Luckner, L., Nitsche, C., Eichhorn, D. (1992): Das SGM-System, eine neue Technik und Technologie zur Boden- und Grundwasserüberwachung in Deutschland; Die Geowissenschaften, 10. Jahrgang, 1992/ Nr.2
- ⇒ Luckner, L., Nestler, W., Nitsche, C., Altmann, H.-J., Rohrbach, L. (1989): Teufengerechte Wasserdruckmessung und repräsentative Wasserprobenahme mit neuer Technik; bbr 5/ 1989
- ⇒ LfULG (2004): Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Materialienband zur Altlastenbehandlung: "Laborative Untersuchungen zur Sickerwasserprognose im Rahmen der Detailerkundung"
- ⇒ Patentschrift DD 294 616 A7 „Verfahren zur Steuerung bzw. Regelung der Fluidprobennahme“, 10.10.1991
- ⇒ Jenn, F.; Kast, G.; Michel, R.; Nitsche, C.; Voigt, H.-J. (2007): Vergleichende Analyse von Beprobungsverfahren zur Bewertung des Stofftransportes in der Versickerungszone, Endbericht 2007

Anhang 4.2.6

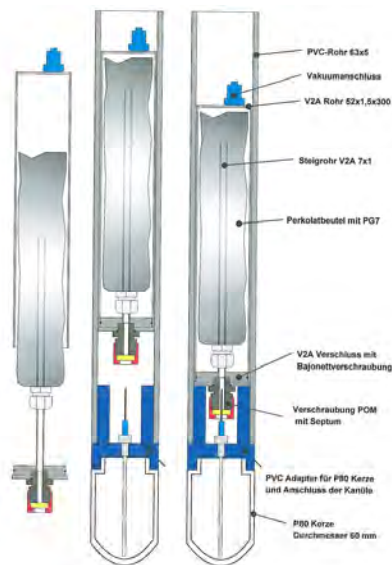
Typenblätter

Bodenwasserprobennahme

**Probennahme mittels Shuttleprinzip
(gasdichtes System)**

Typenblatt

Bodenwasserprobennahme – Probennahme mittels Shuttleprinzip (gasdichtes System)



Verfahrensgrundsätze

Entnahme von Bodenwasserproben aus der Bodenwasserzone mittels Saugsonden unter Verwendung einer kapillardruckgesteuerten Unterdruckeinheit und gasdichtem System zur Verhinderung von Verlusten an gelösten Gasen und leichtflüchtigen Inhaltsstoffen sowie daraus resultierenden Ausfällungen durch die Verwendung gasdichter Beutel, die gleichzeitig Proben-transportbehälter bis ins Labor sind.

(Quelle: BGD GmbH/UGT GmbH)

Anwendungsgebiet:

⇒ Bodenwasserüberwachung/Sickerwasserprognose

Anwendungsgrenzen

- ⇒ geeignet für eine prozessbezogene Auswertung der Stoffkonzentrationen im Sickerwasser sowie eine Überprüfung von Prognosemodellen
- ⇒ praktisch kein Verlust an gelösten Gasen und leichtflüchtigen Inhaltsstoffen sowie daraus resultierenden Ausfällungen durch die Verwendung gasdichter Beutel, die gleichzeitig Proben-transportbehälter bis ins Labor sind
- ⇒ kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme
- ⇒ Vermeidung von mikrobiellen Aktivitäten durch Verwendung steriler Beutel bzw. entsprechender Vorlagen
- ⇒ der Einsatz von Saugsonden in Böden mit stark lateraler Wasserbewegung ist unzuverlässig

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ das Bodenwasserprobennahmesystem reduziert die wesentlichen Nachteile bisheriger Sickerwasserprobennahmesysteme und wurde anhand von Lysimeteruntersuchungen, die für einen Altstandort der Braunkohlenveredlung durchgeführt wurden, verifiziert
- ⇒ Verfahrensweise (s. Abbildung- Titelblatt):
 - das Shuttle mit dem Probennahmebeutel wird in das Schutzrohr des Bodenwassersammlers eingeführt und bis zum Anschluss der Kanüle abgelassen
 - durch die Nadel wird das Septum durchstoßen und die Verbindung zwischen Saugkerze und Probennahmebeutel hergestellt
 - durch Anlegen eines entsprechenden Unterdruckes an das Shuttle wird dieser über den gasdichten Beutel und die Verbindungs-kanüle auf die Saugkerze wirksam und bewirkt so die Bodenwasserextraktion
das Bodenwasser wird im gasdichten Beutel gesammelt, damit wird eine kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme, ohne Verlust an leichtflüchtigen Inhaltsstoffen und ge-

lösten Gasen ermöglicht • auf der Grundlage der Bodenfeuchtemessergebnisse kann festgestellt werden, ob überhaupt und wenn ja, in welchem Zeitraum Bodenwasser gesammelt wurde • ist eine Bodenwasserprobe im gasdichten Beutel, so wird dieser mit dem Shuttle aus dem Rohr gezogen und durch einen neuen gasdichten Beutel ersetzt • die Entnahme und Aufteilung der Gas- und Wasserproben erfolgt entweder vor Ort oder im Labor • die Energieversorgung kann über eine batteriegepufferte Solarstromanlage erfolgen in welche eine auch eine Datenfernübertragung integriert ist, dadurch kann zu jeder Zeit geprüft werden, ob und in welchem Zeitraum eine Bodenwasserprobe gesammelt wurde • Bei der Installation der einzelnen Systeme ist wie folgt vorzugehen: Bodenwassersammler (DN 60 mm): - Abteufen einer RKS mit DN 80 mm bis auf eine Teufe ca. 10 cm oberhalb der festgelegten Entnahmetiefe - Abteufen einer RKS mit DN 60 mm bis zur endgültigen Entnahmetiefe - Während des Abteufens der RKS werde der Bodenwassersammler (Saugkerze) gewässert - Installation des Bodenwassersammlers in der vorgesehenen Entnahmetiefe, Einschlämmen des Entnahmeelementes, um den Kontakt zwischen Saugkerze und anstehendem Substrat zu ermöglichen - Verfüllung des oberhalb des Entnahmeelementes verbliebenen Ringraumes mit Quellton zur Abdichtung gegen Fremdwasserzutritt ⇒ das System ist sehr robust und hat sich bereits in mehreren Praxisanwendungen bewährt

Entwicklungs-/Erfahrungsstand - Fortsetzung

⇒ Die Eignungsbewertung der Bodenwassermessstellen erfolgt auf der Grundlage der Prüfergebnisse der äußeren sowie inneren Kontrolle und des LD-Tests. Eine Bodenwasser-/Bodenluftmessstelle wird nur unter folgenden Mindestbedingungen in das Messnetz (hier montanhydrologische Messnetz) aufgenommen, wenn: • die Auswertung der Bestandsunterlagen hat die Erfüllung folgender Vorauswahlkriterien erbracht: - die Messstelle und ihre Separatoren liegen an einem zu überwachenden Punkt - die Lage der Dichtungen garantiert eine eindeutige Zuordnung der zu entnehmenden Bodenwasser- bzw. Bodenluftprobe zu dem zu überwachenden Punkt und - die Eigentumsverhältnisse erlauben eine sichere Nutzung der Messstelle, bzw. sind solche Rechtsverhältnisse mit angemessenem Aufwand herstellbar. • Die Dichtheit von Bodenwassermessstellen ist gegeben, wenn der Druckabfall im Gesamtsystem nach 24 h < 10% des Ausgangsdruckes beträgt. Die Dichtheit der Separatoren der Bodenwassermessstellen wird wie folgt überprüft (LD-Test): - das Gesamtsystem wird mit Deionat gefüllt und nach ca. 1 h mittels Schutzgas geleert (Gasphase verdrängt Wasser; Schutzgas stets über die Entlüftungs- bzw. Druckluftleitung zuführen!) - in dem Gesamtsystem wird mit Schutzgas ein Druck von 0,5 des Lufteintrittspunktes des Separators eingestellt und dicht verschlossen. • Der oberirdische Abschluss darf keine Risse, Klüfte, Setzungen, Deformationen, Abweichungen von der Lotrechten aufweisen und sollte eine Verschlusskappe haben.

Tagesleistung

⇒ entfällt

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Bei einer Überwachung der Versickerungszone sind stets alle darin befindlichen Phasen zu beproben, das betrifft die Feststoffphase (Boden) am Ort des Einbaus der Saugkerzen das Sickerwasser und die Bodenluft.
- ⇒ Es sind zur Kontrolle der Bodenfeuchte begleitende Tensiometermessungen bzw. TDR-Messungen notwendig.
- ⇒ Als Voraussetzung für eine Sickerwasserprognose sind ergänzende laborative Versuche nach der Sächsischen Methodik empfehlenswert (LfULG, 2004)

Fehlerquellen)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden messstellenspezifischen Vorgaben für den Einbau, den Betrieb sowie Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ mangelhafter Einbau
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ keine bodenspezifische Festlegung des Sickerwasserentnahmedruckes
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sickerwasserprobennahme

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- Reihenfolge der zu beprobenden Bodenwassermessstellen
- messstellenspezifisch festgelegter Unterdruck im Vergleich zum Kapillardruck (Tensiometer) bzw. Wassergehalt (TDR-Sonde)
- gesammeltes Wasservolumen in Abhängigkeit des angelegten Unterdruckes und des Kapillardruckes

Prüfverfahren

- Soll-Ist-Vergleich
- prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Kapillardruckwerte
- Prüfung der Analyseergebnisse auf Hinweise von Ausgasungsbedingten Stoffverlusten

Dokumentation der Ergebnisse

- Probennahmeprotokoll
- digitale Aufzeichnung von angelegten Unterdruck (Bodenwasserentnahme), Kapillardruck und Wassergehalt

Plausibilitätskriterien

- Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für kapillardruckgesteuerte Bodenwasserprobennahme: $\pm 10\%$ vom Soll-Wert

Literaturhinweise/Links

- ⇒ LMBV-Merkblatt "Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV", 11/ 2007.
- ⇒ Materialienband des LfULG zur Altlastenbehandlung: Musterleistungsbeschreibung/ Musterleistungsverzeichnis: "Laborative Untersuchungen zur Sickerwasserprognose im Rahmen der Detailerkundung", 2004
- ⇒ Landesumweltamt Brandenburg (2004): Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg: Nationale und internationale Sachstandsrecherche: Praxiserprobte und innovative Direkt/in-situ Probenahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Band 4.

Anhang 4.3

Typenblätter

Direct Push-Verfahren (DP)

Anhang 4.3.1

Typenblätter

**Direct Push-Technologien
(allgemein)**

Typenblatt

Direct Push-Technologien (allgemein)	
	Verfahrensgrundsätze Unter dem Begriff "<i>Direct Push</i>-Technologien" werden solchen Techniken und Methoden zusammengefasst, bei denen Sonden zur <i>in situ</i>-Erfassung von Vertikalprofilen geophysikalischer, geohydraulischer, geochemischer und geotechnischer Parametern mittels Sondiergeräte in den Untergrund gedrückt oder geschlagen werden. Ferner erlauben diese Technologien die Entnahme von Bodenluft-, Boden- und Grundwasserproben entweder quasi-kontinuierlich oder aus exakt definierten Teufenbereichen.
Anwendungsgebiet	
⇒ alle Stufen einer Standortuntersuchung (orientierende, Detail- und Sanierungsuntersuchungen) sowie in begrenztem Maß auch zur Standort- bzw. Sanierungsüberwachung	
Anwendungsgrenzen	
⇒ Der Einsatz von Direct Push ist auf unverfestigten Boden und Untergrund beschränkt, Anwendungsbeispiele in Festgesteinszersatz und bestimmten Festgesteinen (Tonstein) sind bekannt, der verlässliche Einsatz in solchen lithologischen Einheiten ist aber nicht gesichert. ⇒ Maximale Sondiertiefen liegen bei ca. 50 m, in Einzelfällen mit schwerem Gerät und sehr guten Untergrundbedingungen können bis zu 70 m erreicht werden. In der Regel sind die möglichen Sondiertiefen auf 25 – 35 m begrenzt.	
Entwicklungs-/Erfahrungsstand	
⇒ Sondiergeräte sind ausgereift und kommen routinemäßig in verschiedenen Ländern (v.a. USA) zum Einsatz. Die amerikanische Umweltbehörde EPA und das US-Militär sind auch in viele Fallstudien mit eingebunden bzw. Auftraggeber. Dadurch ist dort ein sehr großer Erfahrungsschatz vorhanden. ⇒ Für einige Sondiergeräte bzw. Sonden bestehen Normungen nach DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) oder ASTM (American Society for Testing and Materials). ⇒ Verschiedene Sonden zur Erfassung physikalischer und chemischer Parameter kommen zum routinemäßigen Einsatz, zeigen aber vor allem hinsichtlich Repräsentativität der Ergebnisse und / oder Qualitätsanforderungen teilweise Defizite, worauf in den speziellen Typenblättern gesondert hingewiesen wird. Einige Sondentypen (v.a. hinsichtlich der Erfassung geochemischer Parameter) sind nur bis zum Prototypstadium entwickelt und wurden nur in Pilotuntersuchungen eingesetzt. ⇒ Sonden zur Entnahme von Grundwasser-, Boden- und Bodenluftproben sind ausgereift und kommen routinemäßig zum Einsatz.	

Tagesleistung

- ⇒ Je nach einzusetzender Technik und den maximal zu erreichenden Endteufen kann die Tagesleistung von einer Sondierung für aufwändige Untersuchungen (z.B. Grundwasserbeprobung mit bis zu 10 Beprobungshorizonten je Sondierstelle) bis zu acht für einfache Sondierungen (z.B. Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit bis max. 25 m) reichen. Gesamttagesleistungen liegen dementsprechend in der Regel bei wenigen 10er Metern bis zu 200 m.

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Für den Einsatz von Direct Push-Technologien zur Gewinnung von Bodenluft- und Grundwasserproben ist die Kombination der Direct Push-Ausrüstung (Sondiereinheit mit Gestänge und Sonde) mit Probennahmegeräten (z.B. Schöpfer, Pumpen, etc) erforderlich.
- ⇒ Zweckmäßig sind Kombinationen von mehreren Sonden zur gleichzeitigen Erfassung von geophysikalischen, geohydraulischen, geochemischen und / oder geotechnischer Parametern. Diese Kombination ist allerdings nur in begrenztem Umfang möglich und auch kommerziell verfügbar. Teilweise besteht auch die Möglichkeit der Messung geophysikalischer bzw. geotechnischer Parameter mit zeitgleicher Entnahme von Bodenluft oder Grundwasserproben. Eine Kombination von Direct Push-Technologien mit oberflächengeophysikalischen Messungen bietet sich in vielen Fällen an, ist aber augenblicklich noch Gegenstand laufender Forschungsarbeiten.

Fehlerquellen (objektiv, subjektiv)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ Veränderungen durch Kompaktion entlang des Sondierkanals und daraus resultierende Veränderungen der Formation wurden bisher praktisch nicht gelöst
- ⇒ Möglichkeit der vertikalen Verschleppung von Schadstoffen beim Durchteufen von kontaminierten Bereichen
- ⇒ vornehmlich beim Einsatz von Probennahmetechniken: Nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen zur Erfassung physikalischer oder chemischer Parameter) zum Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probennahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden sondierstellenspezifischen Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden.
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten.
- ⇒ siehe Typenblätter spezieller *Direct Push*-Verfahren

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der Sondierungen
- ⇒ Bei der Zielstellung mit Beprobung hinsichtlich Untergrundkontaminationen ist eine Dekontamination des Gestänges nach jeder Sondierung erforderlich.
- ⇒ Nach Fertigstellen der Sondierung ist ein Verpressen der Sondierkanäle mit Bentonitpellets, besser mit Bentonitsuspension erforderlich, um Querkontaminationen und hydraulische Kurzschlüsse zwischen verschiedenen Grundwasserschichten zu vermeiden. Insbesondere ist ein Verpressen der Sondierkanäle mit Bentonit-Zement-Suspensionen bei Durchteufen mehrerer Grundwasserstockwerke unabdingbar.
- ⇒ Typenblätter spezieller *Direct Push*-Verfahren

Prüfverfahren

- ⇒ Typenblätter spezieller *Direct Push*-Verfahren

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Typenblätter spezieller *Direct Push*-Verfahren

Plausibilitätskriterien

⇒ Typenblätter spezieller Direct Push-Verfahren

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

⇒ Generell sind die Sondierungen durch geschultes Fachpersonal durchzuführen, die sowohl mit der Direct Push-Technologie sowie mit der speziellen Fragestellung des Einzelfalles vertraut ist (geologische und hydrogeologische Gegebenheiten, Schadstoffinventar, Vorgaben zum Arbeitsschutz und dem Qualitätssicherungsplan). Sachkunde auf dem Gebiet der Umweltuntersuchung (mindestens Grundkenntnisse z.B. aus den Gebieten der Geochemie, Geologie, Hydrogeologie und Bodenkunde) ist erforderlich.

⇒ Typenblätter spezieller Direct Push-Verfahren

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

⇒ Typenblätter spezieller Direct Push-Verfahren

Literaturhinweise/Links

- ⇒ Dietrich, P., Leven, C. (2006): Direct Push - technologies. In: Kirsch, R. (Hrsg.): Groundwater geophysics. A tool for hydrogeology. Springer, Berlin, S. 321-340
- ⇒ US-EPA: <http://epa.gov/superfund/programs/dfa/dirtech.htm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ US-EPA (1997): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulator, EPA 510-B-97-001
- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Direct Push Platforms <http://clu-in.org/char/technologies/dpp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ United States Environmental Protection Agency (2005): Groundwater Sampling and Monitoring with Direct Push Technologies
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004 http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/lab0_nr4.pdf

Anhang 4.3.2

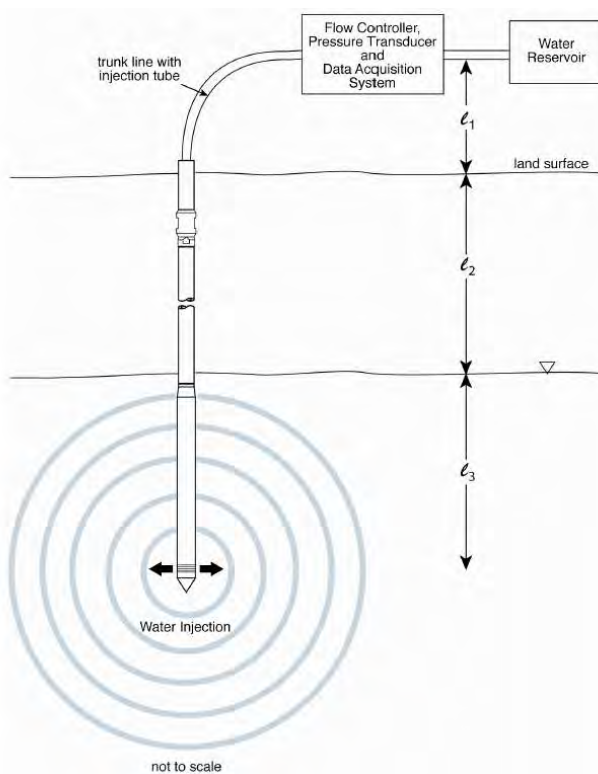
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

Ermittlung hydraulischer Parameter

Typenblatt

Direct Push-Verfahren - Ermittlung hydraulischer Parameter



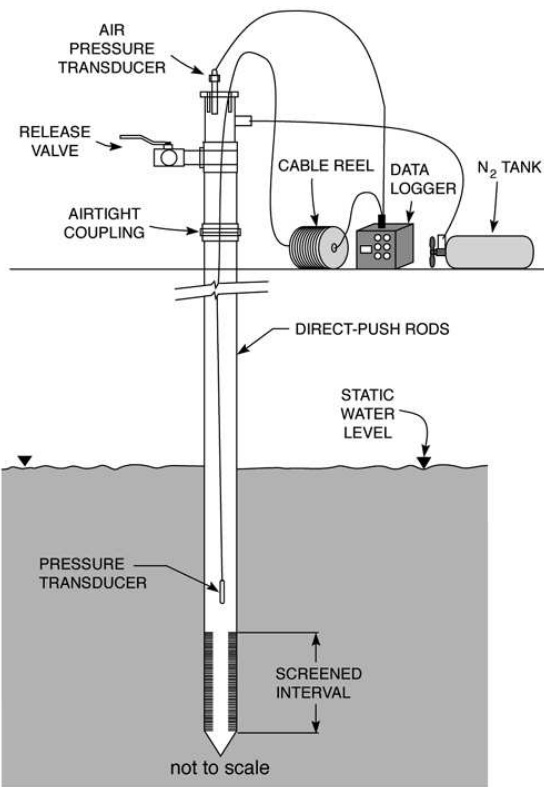
Verfahrensgrundsätze

Sonden zur Ermittlung hydraulischer Parameter (hauptsächlich der hydraulischen Leitfähigkeit) erlauben eine kleinskalige Charakterisierung des Grundwasserleiters. Hierbei kann zwischen Verfahren unterschieden werden, bei denen Wasser in den Untergrund injiziert wird, um je nach Formation Injektionsdruck und Durchfluss zu bestimmen, solchen, bei denen erzwungene Veränderungen des Wasserspiegels zeitlich dargestellt werden und jenen, bei denen k_f -Werte durch Messungen des Porenwasserdrucks im Boden errechnet werden können. Zur ersten Gruppe gehören Direct-Push Injektionslogging (DPIL), Direct-Push Permeameter (DPP) und Hydraulic Profiling Tool (HPT). Bei allen Verfahren wird das Gestänge mittels Drücken oder Hämmern vorgetrieben.

Beim DPIL wird in der gewünschten Tiefe durch ein 2,5 cm großes Filterelement Wasser in die anstehende Formation injiziert. Mittels eines Manometers werden zwei oder mehr Drücke bei verschiedenen Injektionsraten aufgenommen, aus denen dann in Abhängigkeit vom Schlauchwiderstand und der kritischen Durchflussrate relative Leitfähigkeiten bestimmt werden. Zur Bestimmung absoluter k_f -Werte aus DPIL Daten müssen die relativen k_f -Werte mit k_f -Werten anderer Messmethoden (z.B. DPST) korreliert werden.

Beim HPT werden Druck und Injektionsrate kontinuierlich über die gesamte Teufe gemessen und relative k_f -Werte ermittelt. Durch Dissipationstests in bestimmten Tiefen, die vom Prinzip her kleinen Pumpversuchen ähneln, kann außerdem der teufenabhängige Hintergrunddruck gemessen und zur Bestimmung absoluter k_f -Werte mit herangezogen werden. Das HPT ist außerdem mit einem DPEC kombiniert.

Beim DPP wird in der gewünschten Tiefe der Vortrieb gestoppt und ein kurzer hydraulischer Test mit konstanter Injektionsrate ($< 4 \text{ L/min}$) durchgeführt. Mittels zweier Druckmesser wird direkt im Untergrund der Druck ermittelt. Der Druckunterschied erlaubt dann die Ermittlung von k_f -Werten nach Darcy. Zur Kontrolle werden die Tests bei verschiedenen Injektionsraten wiederholt.

	Zur zweiten Gruppe gehört der Direct-Push Slug Test (DPST), bei dem das Gestänge bis in die gewünschte Teufe durch schlagen oder drücken vorgetrieben wird. Danach wird ein bis zu ein Meter langes Filterelement ausgefahren (lost-tip), um die Messstelle mit dem Grundwasserleiter zu verbinden. In mittel bis stark leitfähigen Aquiferen sollte dabei Wasser ins Gestänge gegeben werden, um einer Anlagerung von feinkörnigem Material an der Außenseite des Filterelementes vorzubeugen. Vor der Ausführung eines DPST wird die Messstelle durch Pumpen entwickelt. Beim eigentlichen Test wird durch Luftdruck der Wasserspiegel im Rohr verändert, um anschließend nach Wiederherstellung der natürlichen Bedingungen mittels eines Sensors die Zeit zu messen, die der Wasserspiegel benötigt, um in seine Ausgangslage zurückzukehren. Zeit und Wasserspiegeländerungen bieten dann die Möglichkeit, absolute k_f-Werte zu bestimmen. Die Ermittlung des k_f-Wertes aus DPST Daten erfolgt mittels Kurvenanpassung. Hierbei wird je nach Eigenschaften des Grundwasserleiters (gespannt, ungespannt, stark leitfähig, schwach leitfähig, teilverfilterte oder vollverfilterte Messstelle, usw.) ein Model ausgewählt, welches das beobachtete Verhalten der Wasserspiegeländerungen über Zeit am besten nachstellt. Zur dritten Gruppe gehören z.B. Piezocone und/oder Hydrocone wobei in der Literatur die Namensgebung nicht immer eindeutig ist. Die Messung des Porenwasserdrucks erfolgt zusammen mit der Messung von Spitzendruck und Mantelreibung unter Verwendung von CPT. Die Messung des Porenwasserdrucks erfolgt dabei entweder während eines Dissipationstests, wobei die sich CPT Spitze in Ruhe befindet oder kontinuierlich, wobei die maximalen Porendrucke an der Spitze zur Bestimmung von k_f-Werten herangezogen werden.

Anwendungsgebiet

⇒ kleinskalige Charakterisierung von Grundwasserleitern, Bestimmung und Überwachung der Fließeigenschaften

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien, allgemein"
- ⇒ DPIL und HPT liefern nur relative Durchlässigkeitsbeiwerte
- ⇒ DPP liefert momentan keine Durchlässigkeitsbeiwerte $<10^{-6}$ m/s
- ⇒ DPST, DPP und Dissipationstests bei HPT benötigen in schwach durchlässigen Schichten mitunter sehr viel Zeit

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ DPIL und HPT befinden sich in der Betaphase und sind kommerziell erhältlich
- ⇒ DPST ist kommerziell erhältlich und wird moderat verwendet
- ⇒ DPP in der letzten Version befindet sich im Entwicklungsstadium und ist nicht kommerziell erhältlich
- ⇒ Hydrocone and Piezocone sind verfügbar werden aber nicht oft für die Bestimmung von k_f -Werten genutzt

Tagesleistung

- ⇒ Tagesleistung bei DPP, HPT (nur mit Dissipationstest) und DPST ist stark abhängig vom Untergrund, der Testdauer und Entwicklungszeit der Messstelle (nur DPST)
- ⇒ Generell bei Teufen von 10 m:
 - HPT: bis zu 5 Sondierungen pro Tag (abhängig von Anzahl der Dissipationstests wenn angewendet)
 - DPP: bis zu 4 Sondierungen pro Tag (abhängig von Anzahl der Dissipationstests)
 - DPIL: bis zu 5 Sondierungen pro Tag (abhängig von Anzahl der Messintervalle)
 - DPST: bis zu 8 Tests pro Tag
 - Hydrocone/Piezocone: bis zu 3 Sondierungen pro Tag unter Verwendung von Dissipationstests, bis zu 8 Sondierungen pro Tag „on-the-fly“

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Zur Bestimmung absoluter Durchlässigkeitsbeiwerte von DPIL und HPT Messwerten werden zur Datenkorrelation DPST, Flowmetertests oder andere Methoden benötigt.
- ⇒ Kombinierte Messungen von DPP und DPIL mit DPEC sind zur Bestimmung der Lithologie und zur Qualitätskontrolle sinnvoll.

Fehlerquellen *(objektiv, subjektiv)*

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen) zum lithologischen Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probenahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ Messergebnisse abhängig von der Funktionstüchtigkeit der Messausrüstung
- ⇒ bei Anwendung von DPST ist luftdichter Abschluss des ganzen Systems inklusive Gestänge nötig, um Druckverluste zu vermeiden
- ⇒ DPST erfordert eine ausreichende Entwicklung der Messstelle durch Pumpen vor Testbeginn, um feine Ablagerungen an der Außenseite des Filterelements zu entfernen
- ⇒ in mittel- bis hochdurchlässigen Grundwasserleitern sollte vor dem Ausfahren des Filterelements Wasser ins Gestänge gegeben werden, um einer Ablagerung von feinkörnigem Material an der Außenseite des Filters vorzubeugen und die Entwicklungszeit zu verkürzen
- ⇒ der Messsensor bei DPST muss bei Messungen immer unterhalb des Wasserspiegels bleiben
- ⇒ für DPP und DPIL gibt es noch keine standardisierten Verfahrensabläufe
- ⇒ Anwendung von DPIL, HPT, DPP erfordert je nach Untergrund gelegentliches Auswechseln der Filterelemente
- ⇒ HPT und DPP erfordern eine möglichst gleichmäßige Vortriebsgeschwindigkeit
- ⇒ Injektionsraten für DPIL, DPP, HPT sollten zwischen 0,25 und 1,5 l/h liegen, um nachhaltige Veränderungen des Untergrundes zu vermeiden. Bei DPP und DPIL sollte man Tests außerdem mit einer niedrigeren Injektionsrate beginnen, eine höhere folgen lassen und dann nochmals zur niedrigeren zurückkehren, um eventuelle Veränderungen des Untergrundes während des Messens auszuschließen

- ⇒ bei HPT sollte die Injektionsrate möglichst konstant sein, nach eventuellen Dissipationstests ist darauf zu achten, dass die Injektionsrate sich nicht zu stark ändert
- ⇒ DPP, HPT und DPIL erfordern vor Anwendung die Entfernung von Luft in Schläuchen und Pumpen
- ⇒ Hydrocone/Piezocone sind CPT Anwendungen, d.h. Vortrieb des Gestänges ist nur durch Druck möglich (Vortriebsgeschwindigkeit: max. 2 cm/s und möglichst konstant)
- ⇒ Bestimmung der k_f -Werte aus Porenwasserdrücken ist limitiert für den Bereich von 10^{-4} m/s $< K < 10^{-7}$ m/s, der Durchlässigkeitsbeiwert wird „nur“ auf die Zehnerpotenz genau bestimmt
- ⇒ Umwandlung der Porenwasserdrücke in k_f -Werte ist mathematisch anspruchsvoll

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Durchführung von Mehrfachmessungen mit unterschiedlichen hydraulischen Randbedingungen
- ⇒ wiederholte Kalibrierung und Überprüfung der Messausrüstung
- ⇒ Vergleichsmessungen von HPT, DPP, DPIL, Piezocone für gleiche Teufen in Sondierpunkten mit geringer Entfernung
- ⇒ ausreichende Messstellenentwicklung für DPST kann mittels Sichtung des abgepumpten Wassers überprüft werden.

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Durchführungsprotokolle
- ⇒ Übertragung der Messwerte in Laptop bei Hand (DPIL) oder automatische Datenaufnahme und –ausgabe auf Feldcomputer (HPT) bzw. in geeigneter Software (DPST, DPP, Piezocone)

Plausibilitätskriterien

- ⇒ geringe Abweichungen der relativen oder absoluten Durchlässigkeitsbeiwerte bei Durchführungen von Mehrfachmessungen in der selben (DPST) oder eng nebeneinander liegenden Messstellen (DPP, HPT, DPIL)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Typenblatt "Direct Push-Technologien – allg."

Literaturhinweise/Links

- ⇒ Butler, J.J. Jr. et al., 2002. Hydraulic Tests with Direct-Push Equipment. GROUND WATER, 40(1): 25-36.
- ⇒ Butler, J.J., Jr., and Zhan, X., 2004. Hydraulic Tests in Highly Permeable Aquifers. Water Resources Research, 40, W12402:12 pages.
- ⇒ Butler, J.J. Jr., 2005. Hydrogeological Methods for Estimation of Hydraulic Conductivity. In Hydrogeophysics, ed. Y. Rubin and S. Hubbard, 23–58. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- ⇒ Butler, J. J. Jr. et al., 2007. Characterizing Hydraulic Conductivity with the Direct-Push Permeameter. Ground Water 45 (4), 409-419.
- ⇒ Dietrich, P. et al., 2008. A Rapid Method for Hydraulic Profiling in Unconsolidated Formations. GROUND WATER, 46(2): 323-328.
- ⇒ Elsworth, D. and Lee, D.S., 2005. Permeability Determination from on-the-fly Piezocone Sounding. J. Geotech. and Geoenviron. Engrg., 131(5): 643-653.
- ⇒ Hyder, Z. et al., 1994. Slug Tests in Partially Penetrating Wells. Water Resources Research, 30(11): 2945-2957.
- ⇒ McElwee, C.D. and Zenner, M., 1998. A Nonlinear Model for Analysis of Slug-Test Data. Water Resources Research, 34(1): 55-66.
- ⇒ Springer, R.K. and Gelhar, L.W., 1991. Characterization of Large-Scale Aquifer Heterogeneity in Glacial Outwash by Analysis of Slug Tests with Oscillatory Response. Cape Cod, Massachusetts, U.S. Geol. Surv. Water Res. Invest. Rep. 91-4034: 36-40.
- ⇒ Voyiadjis, G.Z. and Song, C.R., 2003. Determination of Hydraulic Conductivity Using Piezocone Penetration Test. Int. Journal of Geomechanics, 3(2): 217-224.

Anhang 4.3.3

Typenblätter

Direct Push-Verfahren

Grundwasserprobennahme

Anhang 4.3.3.1

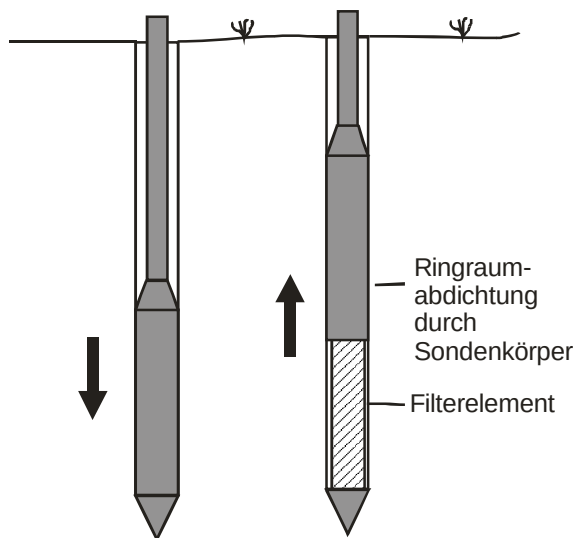
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Grundwasserprobennahme unter Verwendung von
Sonden mit geschütztem Filterrohr
(sealed-screen)**

Typenblatt

Direct Push-Technologien - Grundwasserprobennahme unter Verwendung von Sonden mit geschütztem Filterrohr (sealed-screen)



Verfahrensgrundsätze

Sonden mit geschütztem Filterrohren bestehen typischerweise aus einem kurzen Filterelement, das sich in einem verschlossenen, wasserdichten Schutzrohr befindet. Zur Probennahme wird die Sonde in die Zieltiefe getrieben, in der das Schutzrohr zurückgezogen wird, um das Filterrohr freizulegen. Das Grundwasser tritt durch das Filterrohr in das Sondiergestänge oder spezielle Probennahmekammern ein. Alle Übergänge entlang des Sondierstranges (Gewindeübergänge an den Gestängen, Verbindungen an der Sonde) werden mit Dichtungsringen abgedichtet. Aufgrund des Aufbaus der Sonde kann eine Querkontamination nahezu ausgeschlossen werden, weshalb davon auszugehen ist, dass mit dieser Probennahmetechnik für den jeweiligen Tiefenbereich repräsentative Proben entnommen werden können. Allerdings ist das Probenvolumen durch die geringen Durchmesser bzw. durch die Größe der Probennahmekammer limitiert. Diese Art der Sonden erlauben die Beprobung lediglich eines Tiefenintervalls pro Sondierung. Für die Probennahme selbst ist der Einsatz eines Entnahmegerätes erforderlich (Schöpfer, miniaturisierte Pumpen). Ausnahmen hiervon bilden beispielsweise der Hydropunch und der BAT-Sampler, die mit hydrostatischem Wasserdruck bzw. einem evakuiertem Luftröhrchen arbeiten.

Anwendungsgebiet

- ⇒ alle Stufen einer Standortuntersuchung (orientierende, Detail- und Sanierungsuntersuchungen) sowie in begrenztem Maß auch zur Standortüberwachung bzw. zur Planung der Errichtung von Messstellen

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien – allgemein"
- ⇒ nur geeignet in Kombination mit einem Gerät zur Grundwasserentnahme (Schöpfer, Pumpe), eine Ausnahme ist beispielsweise der BAT-Sampler. Hier wird mittels eines Vakuumröhrchens beprobt; eine weitere Ausnahme ist hier der HydroPunch, oberhalb der Filterstecke befindet sich eine Kammer mit Rückschlagventil, die durch hydrostatischen Wasserdruck gefüllt wird
- ⇒ aufgrund der kleinen Gestängedurchmesser bzw. der definierten Abmaße der Probennahmekammern steht nur ein begrenztes Probenvolumen zur Verfügung
- ⇒ aufgrund einer weniger effektiven Filterung durch das Filterelement beim Einsatz dieser Sonden besteht häufig das Problem, dass sich nur Proben mit einem hohen Trübstoffanteil gewinnen lassen; der Trübstoffanteil lässt sich reduzieren durch ausreichendes Klarpumpen oder durch den Einsatz von 'low-flow'-Probennahmetechniken, dies ist jedoch bei Verwendung von evakuierten Probennahmeröhrchen nicht möglich
- ⇒ der Trübstoffanteil wird zusätzlich durch schnell einströmendes Wasser beim Zurückziehen des

Schutzrohres erhöht
⇒ bei temporärer Installation keine Wiederholungs-/Routinebeprobung möglich

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ zahlreiche Sonden mit geschütztem Filterrohr sind ausgereift und kommen zum routinemäßigen Einsatz; Beispiele hierfür sind Geoprobe[®] Sampling Point SP15/16, Dual Tube Groundwater Profiler, Hydropunch[®] und BAT-Sampler
- ⇒ MINES und STAUFFER (1992) untersuchten die Ausgasungseffekte bei VOCs, die sich durch das Anlegen des Vakuums ergeben können. Ausgangspunkt hierzu war ein mit Mineralöl kontaminiertes Gelände. Bei Vergleichsmessungen rund um eine bestehende Grundwassermeßstelle herum und auch in der Messstelle mit der MK 2-Sonde und einem Teflonschöpfergerät, lieferte das BAT[®]-System durchgehend höhere Konzentrationen als der Schöpfer. In Florida wurden Vergleichsmessungen zwischen dem BAT[®]-System direkt im Boden und einer benachbarten, vollverfilterten Grundwassermessstelle durchgeführt. Dabei wurde das System auf seine Eignung zur Erkundung von BTEX getestet. Mit dem BAT[®]-System wurden durchgehend höhere Konzentrationen als in der Messstelle erzielt, die nach dem Abpumpen des Standwassers mit einem Schöpfergerät beprobt wurde (MINES et al., 1993). ZEMO et al. (1994) berichteten, dass es durch die Verwendung dieser Technologie auf einem mit VOCs kontaminierten Gelände möglich war, bis zu 60 % der Untersuchungskosten einzusparen, da das zu entwickelnde Messstellennetz effektiver geplant werden konnte. (STRUTYNSKY & SAINCY, 1990,1992; KUHLMAYER & STURDIVANT, 1992)
- ⇒ ASTM D 6724 Guide for the Installation of Direct-Push Ground-Water Monitoring Wells
- ⇒ ASTM D 6001 Guide for Direct Push Water Sampling for Geoenvironmental Investigations
- ⇒ Eine Aufstellung der einschlägigen Normen für die Grundwasserprobennahme befindet sich in LfU Bayern Merkblatt 3.8/6 Anlage 2: Normenverzeichnis

Tagesleistung

- ⇒ Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:
$$t_{PN} = t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA}$$

t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe in min
 t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min
 t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min
 t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe in min
 t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Die Anwendung erfordert eine Kombination mit anderen Geräten zur Grundwasserprobennahme (z.B. Schöpfer oder Pumpensysteme). Des Weiteren ist die Kombination mit Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter möglich (z.B. Messung von Profilen der elektrischen Leitfähigkeit anschließender Probennahme oder Cone Penetrometer Testing mit BAT-Probennahme während der Sondierung), bei Verwendung des Dual Tube Samplers ist vor der Grundwasserbeprobung eine Entnahme von Bodenproben möglich und zweckmäßig, da die Grundwasserbeprobung dadurch zielgerichteter erfolgen kann.

Fehlerquellen (objektiv, subjektiv)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen) zum lithologischen Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probennahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Probennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden.

- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sondierung und Probennahme
- ⇒ keine strikte Einhaltung der zu beprobenden Tiefenhorizonte
- ⇒ im Sondiergestänge befindliches Standwasser kann signifikanten Einfluss auf die zu untersuchenden Substanzen haben, wenn diese sensitiv auf Kontakt mit Eisen reagieren (z.B. gelöster Sauerstoff, Redoxpotential, Spurenelemente); die Entnahmegерäte / Pumpen sollten in diesen Fällen direkt im Filterelement positioniert werden und mit nur geringen Entnahmeraten betrieben werden, um eine Absenkung des Standwassers in den Filterbereich zu vermeiden
- ⇒ beim Hydropunch ist auf ausreichenden Wasserstand und damit verbunden ausreichenden hydrostatischen Wasserdruck über dem Probennahmepunkt zu achten
- ⇒ Beeinträchtigung des Rückschlagventils des Hydropunchs durch Störpartikel führt zu Verlust der Probe
- ⇒ bei direkter Beprobung durch das Gestänge erhöht ein Zusetzen der Filterstrecke die Wahrscheinlichkeit, dass durch die Verschraubung des Gestänges Fremdwasser eintritt und die Probe somit verfälscht
- ⇒ abpumpen von Falschluff durch Undichtigkeiten im Gestänge
- ⇒ Eindringen von Grundwasser an den Verschraubungen des Gestänges
- ⇒ Wahl der Schläuche zur Probennahme
- ⇒ Wechselintervalle der Schläuche bzw. Verwendung verunreinigter Schläuche
- ⇒ Durchgängigkeit von Filtermaterial und Schlauch

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- ⇒ vor Freilegen des Filterelementes ist die Wasserdichtheit des Systems durch Lotung zu überprüfen
- ⇒ Abzupumpendes Wasservolumen
- ⇒ Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Trübung
- ⇒ Dekontamination der Geräte (Weiterführende Hinweise zu Dekontamination in ASTM D 5088, D 5608, Parker und Ranney (2000))
- ⇒ Weiterführende Hinweise zu Qualitätssicherung in ASTM D 6001 – 05: Standard Guide for Direct Push Ground Water Sampling for Environmental Site Characterization
- ⇒ Vergleichsproben
- ⇒ Probenbehandlung (Kühlung, Transportzeit, Lagerungsdauer, Sonneneinstrahlung)
- ⇒ Eignung der Probengefäße

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte
- ⇒ Entnahme von Blindproben

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Qualitätskontrolle

Plausibilitätskriterien

- ⇒ unerwartete Ergebnisse
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probennahme / Interpretationen)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“
- ⇒ im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“
- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, Ehemals Bohreräteführer nach DIN 4021
- ⇒ für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation, und Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. Anlage zum Anhang 4.3.3.1)
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/6 Anlage 3: Muster-Probennahmeprotokoll
- ⇒ ASTM D 6089 Guide for Documenting a Ground Water Sampling Event

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency (2005): Groundwater Sampling and Monitoring with Direct Push Technologies
- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Ground Water Samplers <http://clu-in.org/char/technologies/dpggroundwater.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Ohio Environmental Protection Agency (2005): Technical Guidance for Ground Water Investigations, Chapter 15 Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling - <http://www.epa.state.oh.us/ddagw/Documents/TGM-15.pdf>
- ⇒ EPA (1997): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, Chapter 5, Direct Push Technologies
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (2001): Arbeitshilfen Qualitätssicherung Teil 2.2, Gewinnung von Boden, Bodenluft und Grundwasserproben
- ⇒ Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg, Fachdokumente zu Altlasten: Stand des Wissens bezüglich der direkten Beprobung von Grundwasser bei Altlasten, Direkte Probenahme im Grundwasserleiter. [FADO](#)
- ⇒ Klaus Knödel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007), Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin
- ⇒ David M. Nielsen and Gillian L. Nielsen (2007): The Essential Handbook of Ground Water Sampling, CRC Press, Boca Raton
- ⇒ LV Parker, TA Ranney (2000): Decontaminating Materials Used in Ground Water Sampling Devices: Organic Contaminants, in: Ground Water Monitoring & Remediation Volume 20 Issue 1, Seiten 56-68)
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004 http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/lab0_nr4.pdf
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/6: Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen

Protokoll Wasserprobennahme

Sondierstellenbezeichnung:	Standort:	Projekt:
	Datum:	Blatt-Nr.
	Sondierteam: 1. (Geräteführer) 2.	
Vorhergehend beprobte Sondierstelle:	Witterung / Außentemperatur::	
Endteufe: m u.GOK		Rechtswert:
Ruhewasserspiegel: m u.GOK		Hochwert:
Kontamination? ☐ ja ☐ nein ☐ Phase		
Verw. Filtertyp: ☐ SP 16 ☐	Art der Pumpe	Probenahmegefäß ☐ Glasflasche (..... ml) ☐
Lagerung:		Transport:

Anmerkung: Verlauf der Vorortparameter ist mit Uhrzeit einzutragen, beim Zeitpunkt der Probenahme ist die Probenbezeichnung einzutragen

Tiefe [m u. GOK]	Uhr- zeit	Vor- pump- menge [ml]	Beprobung	Vorortparameter						Proben- be- zeichnung	Beobach- tungen, Vor- kommnisse
				pH	Eh	LF	O ₂	T	Färbung, Trübung, Geruch		
					mV	µS/cm	mg/l	°C			
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								

Fortsetzung auf Rückseite ☐

Verluste / Bemerkungen:

Sondierstellenbezeichnung:				Standort:			Projekt:				
				Datum:			Blatt-Nr.				
Anmerkung: Verlauf der Vorortparameter ist mit Uhrzeit einzutragen, beim Zeitpunkt der Probenahme ist die Probenbezeichnung einzutragen											
Tiefe [m u. GOK]	Uhr- zeit	Vor- pump- menge [ml]	Beprobung	Vorortparameter						Proben- be- zeichnung	Beobach- tungen, Vor- kommnisse
				pH	Eh	LF	O ₂	T	Färbung, Trübung, Geruch		
					mV	µS/cm	mg/l	°C			
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
			☐								
Fortsetzung auf Protokoll-Blatt-Nr.											

Anhang 4.3.3.2

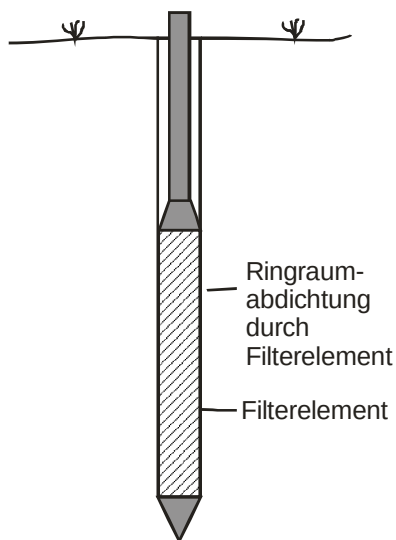
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Grundwasserprobennahme unter Verwendung von
Sonden mit freiliegendem Filterelement
(exposed-screen)**

Typenblatt

Direct Push-Technologien - Grundwasserprobennahme unter Verwendung von Sonden mit freiliegender Filterelement (exposed-screen)



Verfahrensgrundsätze

Sonden mit freiliegender Filterelement erlauben die Entnahme von Grundwasserproben aus mehreren Tiefenintervallen im Zuge einer Sondierung, ohne dass die Sonde und das Sondiergestänge zwischen zwei Probennahmen ausgebaut oder dekontaminiert wird. Typischerweise besitzt das Filterelement der Sonde eine Länge von 15 bis 90 cm und ist entweder mit feinem Drahtgeflecht überzogen oder fein geschlitzt bzw. perforiert. Das Filterelement bleibt während der Sondierung in direktem Kontakt mit anstehender Formation und Grundwasser. Dies erlaubt entweder kontinuierliche oder teufenorientierte Beprobung zur Ermittlung von Vertikalprofilen der Grundwasserchemie und / oder Schadstoffverteilungen. Des Weiteren erlaubt diese Art der Sonden die Bestimmung des hydraulischen Druckpotentials in mittel- bis gut durchlässigen Grundwasserleitern zur Ermittlung von vertikalen Potential- und Gradientenverteilungen. Vereinzelt können diese Art der Sonden auch für die Durchführung von Versuchen zur Ermittlung der hydraulischen Durchlässigkeit verwendet werden, um präferentielle Fließpfade oder Grundwasser stauende Schichten zu identifizieren.

Der Vorteil dieses Systems ist, dass es schnell und einfach einzusetzen ist. Es ist keine aufwändige Installation oder Brunnenentwicklung nötig und es fällt im Gegensatz zu konventionellen Bohrungen kein (kontaminiertes) Bodenmaterial an. Weiterhin kann die Sonde auf einem Tiefenintervall kurzfristig für weitere Untersuchungen im Boden belassen werden.

Anwendungsgebiet

⇒ alle Stufen einer Standortuntersuchung (orientierende, Detail- und Sanierungsuntersuchungen) sowie in begrenztem Maß auch zur Standortüberwachung bzw. zur Planung der Errichtung von Messstellen.

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien – allgemein"
- ⇒ nur geeignet in Kombination mit einem Gerät zur Grundwasserentnahme (Schöpfer, Pumpe)
- ⇒ aufgrund der kleinen Gestängedurchmesser besteht nur ein begrenztes Probenvolumen zur Verfügung
- ⇒ aufgrund einer weniger effektiven Filterung durch das Filterelement beim Einsatz dieser Sonden besteht häufig das Problem, dass sich nur Proben mit einem hohen Trübstoffanteil gewinnen lassen; der Trübstoffanteil lässt sich reduzieren durch ausreichendes Klarpumpen oder durch den Einsatz von 'low-flow'-Probennahmetechniken

⇒ bei temporärer Installation keine Wiederholungs-/Routinebeprobung möglich

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ zahlreiche Sonden mit freiliegendem Filterelement sind ausgereift und kommen zum routinemäßigen Einsatz, Beispiele hierfür sind Geoprobe® Groundwater Profiler, Waterloo Profiler® und Vertek ConeSipper®
- ⇒ ASTM D 6724 Guide for the Installation of Direct-Push Ground-Water Monitoring Wells
- ⇒ ASTM D 6001 Guide for Direct Push Water Sampling for Geoenvironmental Investigations
- ⇒ Eine Aufstellung der einschlägigen Normen für die Grundwasserprobenahme befindet sich in LfU Bayern Merkblatt 3.8/6 Anlage 2: Normenverzeichnis

Tagesleistung

- ⇒ Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:
$$t_{PN} = t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA}$$
 - t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe in min
 - t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min
 - t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min
 - t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe in min
 - t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Die Anwendung erfordert eine Kombination mit anderen Geräten zur Grundwasserprobennahme (z.B. Schöpfer oder Pumpensysteme).
- ⇒ Zur Identifikation zielgerichteter Beprobungshorizonte kann sich der Einsatz von Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter anbieten, aus denen sich lithologische Einheiten abschätzen lassen (z.B. Messung von Profilen der elektrischen Leitfähigkeit oder Cone Penetrometer Testing).

Fehlerquellen (objektiv, subjektiv)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen) zum lithologischen Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probenahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Installation der temporären Grundwassermessstelle sowie der Grundwasserprobennahme
- ⇒ keine strikte Einhaltung der zu beprobenden Tiefen
- ⇒ vertikale Schadstoffverschleppung von Bereichen mit höherer in Bereiche mit niedrigeren Stoffkonzentration, daher wird empfohlen, das Sondiergerät zu ziehen, zu dekontaminieren und erst anschließend zur nächsten Zieltiefe zu sondieren
- ⇒ beim Durchteufen feinkörniger Schichten besteht die Gefahr des Zusetzens des Filters, was eine Beprobung verunmöglichen kann oder falsche Interpretationen hinsichtlich der Ergiebigkeit von im folgenden durchteuften Schichten ermöglicht
- ⇒ die Verwendung von Spülflüssigkeiten, die ein Zusetzen des Filterelementes während der Sondierung verhindern soll, kann bei nicht ausreichender Vorpumpmenge zu Minderbefunden führen
- ⇒ Abpumpen von Falschluff durch Undichtigkeiten im Gestänge

- ⇒ Eindringen von Grundwasser an den Verschraubungen des Gestänges
- ⇒ Wahl der Schläuche zur Probennahme
- ⇒ Wechselintervalle der Schläuche bzw. Verwendung verunreinigter Schläuche
- ⇒ Durchgängigkeit von Filtermaterial und Schlauch

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Aufstellung eines Arbeits- und Sondierplanes, in dem die Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen definiert ist
- ⇒ Wasservolumen, das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpen ist
- ⇒ Verlauf der Milieukennwerte: Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Trübung
- ⇒ Dekontamination der Geräte (Weiterführende Hinweise zu Dekontamination in ASTM D 5088, D 5608, Parker und Ranney (2000))
- ⇒ Weiterführende Hinweise zu Qualitätssicherung in ASTM D 6001
- ⇒ Vergleichsproben
- ⇒ Probenbehandlung (Kühlung, Transportzeit, Lagerungsdauer, Sonneneinstrahlung)
- ⇒ Eignung der Probengefäße

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte
- ⇒ Entnahme von Blindproben

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ unerwartete Ergebnisse
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probennahme / Interpretationen)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
- ⇒ im Bergbaubereich: zusätzlich Teilnahmebestätigung über die erfolgreiche Teilnahme an dem Lehrgang „Montanhydrologisches Monitoring – Grundwasserprobennahme“
- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation, und Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. Anlage zum Anhang 4.3.3.1)
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/6 Anlage 3: Muster-Probennahmeprotokoll
- ⇒ ASTM D 6089 Guide for Documenting a Ground Water Sampling Event

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Ground Water Samplers <http://clu-in.org/char/technologies/dpgroundwater.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ EPA. 2005. Groundwater Sampling and Monitoring with Direct Push Technologies, EPA 540/R-04/005. Office of Solid Waste and Emergency Response, 78 pp. <http://www.clu->

[in.org/download/char/540r04005.pdf](http://www.epa.state.oh.us/ddagw/Documents/TGM-15.pdf)

- ⇒ Ohio Environmental Protection Agency (2005): Technical Guidance for Ground Water Investigations, Chapter 15 Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling - <http://www.epa.state.oh.us/ddagw/Documents/TGM-15.pdf>
- ⇒ Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (2001): Arbeits-hilfen Qualitätssicherung Teil 2.2, Gewinnung von Boden, Bodenluft und Grundwasserproben
- ⇒ EPA (1997): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, Chapter 5, Direct Push Technologies
- ⇒ Puls, R. and M. Barcelona. 1996. Ground Water Issue: Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures, EPA/540/S-95/504. U.S. Environmental Protection Agency, 12 pp. <http://www.epa.gov/ada/download/issue/lwflw2a.pdf>
- ⇒ EPA. 1993. Subsurface Characterization and Monitoring Techniques: A Desk Reference Guide, Volume I: Solids and Ground Water Appendices A and B, EPA 625/R-93/003a. Office of Re-search and Development, 498 pp. <http://nepis.epa.gov/EPA/html/Pubs/pubtitleORD.htm>
- ⇒ Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg, Fachdokumente zu Altlasten: Stand des Wissens bezüglich der direkten Beprobung von Grundwasser bei Altlasten, Direkte Probenahme im Grundwasserleiter. FADO
- ⇒ Klaus Knodel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007): Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin
- ⇒ David M. Nielsen and Gillian L. Nielsen (2007): The Essential Handbook of Ground Water Sam-pling, CRC Press, Boca Raton
- ⇒ LV Parker, TA Ranney (2000): Decontaminating Materials Used in Ground Water Sampling De-vices: Organic Contaminants, in: Ground Water Monitoring & Remediation Volume 20 Issue 1, Seiten 56-68)
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004 http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/labo_nr4.pdf
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/6: Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen

Anhang 4.3.3.3

Typenblätter

Direct Push-Verfahren

Grundwasserprobennahme Multilevel-Lost-Pumpsystem

(imw- Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

Anlage zum Typenblatt – Direct Push-Verfahren

Grundwasserprobennahme Multilevel-Lost-Pumpsystem

(Quelle: Altlastenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, 2006)

Die weiteren Ausführungen basieren allein auf der o.g. Quelle.

Prinzip

Beim Multilevel(ML)-Lost-Pumpsystem werden mehrere Low-Flow-Miniaturpumpen und Packer mit Hilfe der Direct-Push Technologien oder anderer Bohrverfahren in unterschiedlichen Tiefen verloren eingebaut. Zum Einbau wird ein Hohlbohrgestänge mit verllorener Spitze verwendet, das nach dem Abteufen und Einbringen des Pumpen-/Packerstrangs wieder gezogen wird. Durch das eigenständige Zusammenfallen des Bohrlochs im gesättigten Bereich wird ein direkter Kontakt des Probennahmesystems zum Aquifermaterial (keine Filterstrecke) und damit eine punktuelle tiefenorientierte Beprobung erreicht.

Aufbau

Das ML-Lost-Pumpsystem besteht aus den Komponenten Wasserstandsrohr, Packern sowie Pumpen mit Druck- und Probennahmeschläuchen, die im Feld zusammengebaut werden. Die Wasserstandsrohrstücke, Vollrohr und das untere Filterrohr, sind über Steckkupplungen miteinander verbunden. Am Wasserstandsrohr sind die Miniaturpumpen mit Druck- und Probennahmeschläuchen sowie die quellfähigen Bentonit-Packer, ober- und unterhalb jeder Pumpe, mit Kabelbindern befestigt. Die Low-Flow Miniaturpumpen werden mit Druckluftkompressor oder Gasflasche und einer pneumatischen Steuereinheit betrieben.



Entwicklungsstand

Seit 2003 korrosionsbeständige Miniaturpumpe aus Messingbauteilen. Seit ca. 5 Jahren über 100 verlorene Pumpen in Betrieb.

Einsatzbereiche/Limitierungen

- Messmedium: Porengrundwasserleiter
- Einsatztiefe ist vom angelegten Druck abhängig, z.B. für 50 m unter Grundwasserspiegel sind ca. 6 bar Druck notwendig; Förderung von partikelhaltigem Wasser bis Partikelgrößen von ca. 1 mm im Dauereinsatz möglich
- Betriebsweise: Die Low-Flow-Miniaturpumpen arbeiten nach dem Prinzip der Doppelventilpumpen und werden mit Druckluft oder Gas, z.B. Stickstoff, aus einer Druckflasche sowie einer pneumatischen Steuereinheit betrieben. Mit einer mehrkanaligen Steuereinheit können die Pumpen parallel betrieben werden, wobei die Förderrate für jede Pumpe einzeln über den angelegten Druck und die Zeitintervalle eingestellt werden kann. Die Förderraten sind dabei von der Tiefenlage der Pumpe unter der Oberfläche und dem Grundwasserspiegel, den Zeiten der Druckbeaufschlagung und Druckpause, dem anliegenden Druck und der Durchlässigkeit des Aquifers abhängig.
- Anforderungen an das Bedienpersonal: Sachgerechte Bedienung durch Anleitung gewährleistet.

- Limitierungen: Beim Einbau in schluffig-tonigen oder feinsandigen Bereichen können die Förderraten durch das Fehlen einer Filterschicht sehr niedrig sein. Die Low-Flow-Miniaturpumpe muss mindestens 0,5 m unterhalb des Grundwasserspiegels positioniert werden.

Technische Daten

- Wasserstandsrohr: Material PE, PVC, ID 18 mm mit Filterstrumpf
- Packer: Füllung Bentonitgranulat, Außenhülle PE-Filtergaze mit Maschenweite 60 µm
- Pumpe: Doppelventil-Gasverdrängungspumpe, AD: 2,3 cm, L: 22,5 cm, Förderrate 10 - 500 ml/min, Material Messing, Ventilkugeln Gummiummantelte Stahlkugel, Filter Edelstahl oder Teflon in unterschiedlichen Filterstärken
- Druck-/Probennahmeschlauch: Material PE, PU, PTFE (Teflon), ID: 3 mm.

Kosten

- Anschaffungskosten: 20 m Messstelle mit 4 Beprobungshorizonten: 600 - 800 €. Steuereinheiten; Kompressor: auf Anfrage.
- Betriebskosten: Strom für Kompressor und pneumatische Steuereinheit; alternativ zu Kompressor: Gasfüllung für Druckflasche.

Anbieter

- imw- Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen, www.im-weiss.de

Referenzen

- Zeitz und Leuna, UFZ SAFIRA; Wasserwerke Berlin, BBG; Daimler-Chrysler, Wörth; Bioxwand Friedrichshagen, Berliner Wasserbetriebe; Tanklager Dresden, TOTAL; Speyer, Stadt Speyer

Literatur

- Atlantenforum Baden-Württemberg e.V., Heft 11: „Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring)“, ISBN 3-510-39011-3, 2006

Besonderheiten, Hinweise:

- Beim Doppelventilpumpen Prinzip wird das Grundwasser mit niedrigen Förderraten (Low-Flow-Sampling) an die Oberfläche gedrückt (kein Unterdruck), wodurch sich diese Probennahmetechnologie auch für leichtflüchtige Schadstoffe eignet.

Eigene Einschätzung/Kritische Wertung

- durch verlorenen Einbau keine Möglichkeit für spätere Reparatur sowie andere Positionierung
- durch relativ geringe Förderrate rein punktuelle Information
- tiefenorientierte Gewinnung repräsentativer und qualitativ hochwertiger Grundwasserproben, vor allem im Hinblick auf leichtflüchtige Schadstoffe

Anlage 4.3.4

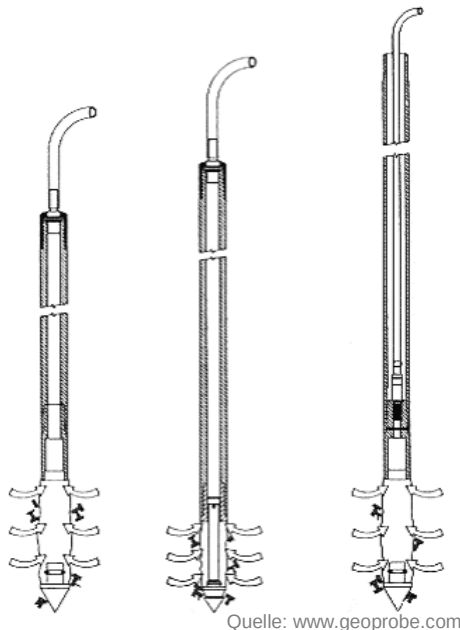
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

Bodenluftprobennahme

Typenblatt

Direct Push-Technologien -Bodenluftprobennahme



Quelle: www.geoprobe.com

Verfahrensgrundsätze

Die Bodenluftprobennahme unter Verwendung von Direct Push-Sonden erlaubt die Erfassung von Schadstoffverteilungen in der ungesättigten Bodenzone. So haben verschiedene Studien gezeigt, dass sich mit Hilfe der Direct Push-basierten Bodenluftprobennahme Daten hinsichtlich der Verteilung und Konzentration von leichtflüchtigen organischen Schadstoffen (VOC) in Boden und Grundwasser erheben lassen. Je nach Sondentyp erfolgt die Sondierung mit kontinuierlicher Probenahme oder in festgelegten Teufen. Sondierungen mit kontinuierlicher Beprobung wird in der Regel für orientierende Untersuchungen angewendet, da sie schnell durchzuführen sind, aber häufig falsch positive Befunde ergeben, aufgrund von im Schlauch befindlicher VOC-Residuen. Beprobungen in definierten Teufen ergeben verlässlichere Beprobungsergebnisse, da nur aus einem exakt definierten Bereich eine Entnahme der Bodenluft erfolgt. Für beide Systeme erfolgt die Probenahme in der Regel über einen Schlauch, der mittels spezieller Adapter an der eigentlichen Sonde angebracht wird. Systeme, bei denen die Probenahme direkt über das Gestänge erfolgt, sind ebenfalls verfügbar. Prinzipiell sind auch alle Sondensysteme zur Entnahme von Grundwasserproben in der ungesättigten Zone für die Bodenluftprobennahme verwendbar.

In einem bereits auf die Zieltiefe niedergebrachten Bohrloch besteht weiterhin die Möglichkeit der Bodenluftprobennahme nach Neumayr.

In das Bohrloch wird die Probennahmesonde mit einer Spritze an der Sondenspitze eingeführt. Die Sondenspitze wird danach noch wenige Zentimeter in den Untergrund eingedrückt. Anschließend wird die Bodenluft in die Spritze eingesaugt. Die Spritze wird danach entnommen. Die abgesaugte Bodenluftprobe kann entweder direkt in einen Gaschromatograph injiziert oder für den Transport in ein geeignetes Labor in Glasampullen umgefüllt werden, die danach luftdicht zu verschweißen sind.

Anwendungsgebiet

⇒ vor allem in der Phase einer orientierenden Untersuchung, aber auch in Phasen einer Detailuntersuchung zweckmäßig

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien, allgemein"
- ⇒ nur geeignet in Kombination mit einem Gerät zur Bodenluftbeprobung (z.B. Vakuumpumpen, Gebläse)
- ⇒ aufgrund der temporären Installation keine Wiederholungs-/Routinebeprobung möglich
- ⇒ Weiterführende Hinweise zu Einschränkungen der Neumayr-Methode sind in der VDI-Richtlinie 3865, Teil 2 zu finden

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ zahlreiche Sonden zur Entnahme von Bodenluftproben sind ausgereift und kommen zum routinemäßigen Einsatz. Beispiele hierfür sind Geoprobe® Post Running Tubing mit verlängerter oder rückziehbare Spitze, Vertek ConeSipper®, AMS Gas Vapor Probe oder Simulprobe. Simulprobe ist in der Lage Boden, Wasser und Bodenluftproben zu entnehmen.

Tagesleistung

- ⇒ Abschätzung der Tagesleistung gemäß nachfolgender Gleichung:

$$t_{PN} = \frac{V_F}{Q_P} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA}$$

t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenluftprobe in min

V_F - Abzupumpendes Gasvolumen in l

Q_P - Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe in l/min

t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen der Bodenluftprobe in min

t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Die Anwendung erfordert eine Kombination mit anderen Geräten zur Bodenluftprobennahme (z.B. Vakuumpumpe oder Sauggebläse). Des Weiteren ist die Kombination mit Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter möglich (z.B. Cone Penetrometer Testing mit Vertek ConeSipper®), für die zielgerichtete Beprobung sind DP-Sondierungen zur Untersuchung der Untergrundbeschaffenheit (z.B. lithologische Schichtenfolge) anzuraten. Um Artefakte z.B. durch Ausgasung während des Probenverkehrs zu vermeiden, sind Methoden der Vorort-Analytik unbedingt angeraten.

Fehlerquellen (*objektiv, subjektiv*)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen zur Erfassung physikalischer Parameter) zum Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probenahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes, was eine nicht zielgerichtete Beprobung zur Folge haben kann)
- ⇒ keine bzw. fehlerhafte Dichtigkeitstests, Undichtigkeiten führen zu nicht repräsentativen Ergebnissen
- ⇒ durch feinkörniges Material zugesetzte Filterstrecke bzw. Beprobungspunkt führt zu nicht repräsentativen Ergebnissen
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Installation der temporären Bodenluftmessstelle sowie der Probennahme
- ⇒ mangelhafte Dekontamination zwischen den einzelnen Beprobungen
- ⇒ die Probennahme ist vor der Pumpe durchzuführen, um Verunreinigungen durch diese zu vermeiden
- ⇒ Sensibilität auf Umgebungseinflüsse, daher zügige Durchführung bei möglichst gleichen Umgebungsvariablen (Temperatur, geringe Sonneneinstrahlung)
- ⇒ Wahl der Schläuche zur Probennahme
- ⇒ Wechselintervalle der Schläuche bzw. Verwendung verunreinigter Schläuche
- ⇒ Falschluff durch Undichtigkeiten
- ⇒ Neumayr: Sorptionseffekte an der Einwegspritze
- ⇒ Neumayr: Verluste beim Überführen
- ⇒ Neumayr: (Bohrloch-) Abdichtung gegen atmosphärische Falschluff

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Aufstellung eines Arbeits- und Sondierplanes, in dem die Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen definiert ist
- ⇒ Dichtheit des Systems durch Kontrolle der Milieuparameter überprüfen (empfohlen: O₂, CO₂, CH₄)
- ⇒ Wartezeit von 1,5 h zwischen dem Ziehen des Bohrgerätes und der Bodenluftprobennahme
- ⇒ Entfernung des Totvolumens aus dem Probennahmegerät
- ⇒ Gasvolumen, das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpen ist
- ⇒ die Probennahme hat aus dem Luftstrom zwischen Sonde und Pumpe zu erfolgen
- ⇒ bei Verwendung von Probenbehältnissen mit Totvolumen sind diese im Luftstrom mehrfach vor der Probennahme zu spülen
- ⇒ bei Verwendung von Absorbersystemen zur Probennahme ist die Eignung des Absorbermaterials für den Anwendungszweck zu überprüfen
- ⇒ zwischen den einzelnen Beprobungen muss eine Spülung des Schlauches erfolgen, um Querkontaminationen zu vermeiden
- ⇒ zwischen den Beprobungen sollte eine Dichtigkeitskontrolle des Systems durchgeführt werden (mindestens arbeitstäglich)
- ⇒ Dekontamination der Geräte (weiterführende Hinweise zu Dekontamination in ASTM D 5088 und D 5608)
- ⇒ Probennahme zur Erfolgskontrolle der Dekontamination

- ⇒ Blindprobennahme (arbeitstäglich, mindestens 1x je Untersuchungsgebiet)
- ⇒ Probennahme aus Raum- oder Umgebungsluft
- ⇒ Transportweg: Minimierung der Transportzeit

Prüfkriterien - Fortsetzung

- ⇒ zeitnahe Analyse durch beschränkte Probenhaltbarkeit
- ⇒ Eignung der Probengefäße
- ⇒ weiterführende Hinweise für Mindestanforderungen an Bodenluftprobennahme mit Verweisen auf einschlägige Normen in der Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen (VSU) Boden und Altlasten 5a: Bodenluft und Deponiegas, Probenahme und Analytik und 5b: Laboranalytik

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prozessbezogene Prüfung des Verlaufes der Milieukennwerte
- ⇒ Entnahme noch Blindproben
- ⇒ Probennahme unter Verwendung eines Kontrollgases mit bekannter, ähnlicher Konzentration der Zielstoffe

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ unerwartete Ergebnisse, falsch positive oder falsch negative Befunde
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probenahme / Interpretationen)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025:2005
- ⇒ Typenblatt "Direct Push-Technologien – allgemein"
- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation und technischer Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. Anlage 1 und 2 zum Anhang 4.3.4)
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4 Anhang 1: Protokoll zur Entnahme von Bodenluftproben
- ⇒ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg): Handlungsempfehlung Entnahme von Bodenluftproben Anhang 1: Protokoll zur Entnahme von Bodenluftproben

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2008): Soil and Soil Gas Samplers, <http://clu.in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ U.S. Environmental Protection Agency. 2002. Draft guidance for evaluating the vapor intrusion to indoor air pathway from groundwater and soils (subsurface vapor intrusion guidance). <http://www.epa.gov/correctiveaction/eis/vapor.htm>. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C.

- ⇒ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Altlastenausschuss (2001): Arbeitshilfen Qualitätssicherung Teil 2.2, Gewinnung von Boden, Bodenluft und Grundwasserproben
- ⇒ EPA (1997): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, Chapter 5, Direct Push Technologies
- ⇒ ASTM D 6634
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/lab0_nr4.pdf
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4 Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer
- ⇒ VSU Boden und Altlasten, Bayern: Anzuwendende Verfahren zur Erfüllung der Anforderungen für die Zulassung als Untersuchungsstelle nach der Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung in Bayern
- ⇒ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Handlungsempfehlung Entnahme von Bodenluftproben http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13527/handlungsempfehlungbodenluftproben.pdf?command=downloadContent&filename=handlungsempfehlung_bodenluftproben.pdf link
- ⇒ VDI-Richtlinie 3865 Blatt 2: Messen organischer Bodenverunreinigungen – Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben
- ⇒ ASTM Standard D 5314: Standard Guide for Soil Gas Monitoring in the Vadose Zone
- ⇒ Arbeitsschutz (DIN ISO 10381-3 (2001): Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 3: Anleitung zur Sicherheit

Protokoll zur Entnahme von Bodenluftproben

1	Projekt/Projektnummer	()			
2	Bezeichnung der Messstelle	()	Name des Büros/Labors		
3	Datum, Uhrzeit der Bohrlocherstellung	()			
4	Datum, Uhrzeit der Probenahme	()			
5	Probenbezeichnung	()	Probennehmer	()	
Bohrloch					
6	Bohrwerkzeug	Nutstange	Rammkern	()	
7	Bohrlochdurchmesser [mm]	bis 25	bis 36	bis 50	größer 50
8	Tiefe [m]	()			
9	Ausbau mit Filterrohren	ohne	Metal	HDPE,PVC	()
10	A Abdichtung	ohne	mit: ()		
11	Wartezeit bis zur Probenahme	ohne	mit: ()		
Entnahmesonde					
12	Variante nach VDI 3865 Bl. 2 / sonstige	Var. 4	()		
13	Sondendurchmesser [mm]	25	()		
14	Entnahmetiefe [m]	()			
15	Ringraumvolumen [cm ³]	()			
16	Entnahmevolumen [ml]	()	() [% des Ringraumvolumens]		
17	Verhältn. Tot- zu Entnahmevolumen %	()			
18	Entnahmegeschwindigkeit [ml/min]	ca. 50	ca. 100	ca. ()	
Art der Probensammlung					
19	Gassammelgefäß	Pasteurpip.	sonstige: ()		
20	Probenvolumen [ml]	()			
21	Doppelprobe (Bezeichnung)	()			
22	Adsorptionsröhrchen	Typ: ()	Volumen: () ml		
23	Adsorbens	A-Kohle	sonst.: ()		
Örtliche Gegebenheiten					
24	Oberflächenbefestigung	ohne	Beton/Asphalt	Steinflaser	()
25	Bohrschichtenaufnahme	ohne	nach DIN 4022		
Meteorologische Verhältnisse					
26	Wetter	sonnig	bewölkt	Regen	()
27	Lufttemperatur [°C]	()			
28	Luftdruck [Pascal]	()			
29	Relative Luftfeuchtigkeit	()			
Bemerkungen und besondere Vorkommnisse					
30	Spritze gewechselt, Begründung				
31	Kanüle gewechselt, Begründung				
32	Sonde gewechselt, Begründung				
33	sonstige Bemerkungen				
Probentransport und -übergabe					
34	Transport	gekühlt	dunkel	Originalprobe	Extrakt
35	Besondere Vorkommnisse				
36	Übergabe an Probenlager (Datum, Uhrzeit)	()			
37	Übergabe an Labor (Datum, Uhrzeit)	()			
38	Unterschriften für die Richtigkeit der Angaben	Probennehmerin		Probenlager	Labor

Protokoll zur Entnahme von Bodenluftproben

Titeldaten			
Projektbezeichnung:			
Projekt-/Auftragsnummer:		Auftraggeber:	
Untersuchungsstelle/Labor:		Beprobungspunkt:	
Labornummer:		Datum der Probennahme:	
Sachbearbeiter:		Probennehmer:	
Standortbeschreibung			
Gemeinde:		Landkreis:	
Flurnummer/Flurstück:		Gemarkung:	
Rechtswert:	Hochwert:	Höhe des Ansatzpunktes [m über NN]:	
Kartenblatt:		Katasternummer:	
Aufnahmesituation			
Oberflächenversiegelung: ☐ ohne ☐ Asphalt / Beton ☐ Sonstiges:			
Vegetation:			
Witterung:	Luftdruck [hPa]:	Temp. Außenluft [°C]:	Rel. Luftfeuchtigk. [%]:
Aktuelle Flächennutzung:			
Geologischer Untergrund:			
Reliefform:			
Aufschluss- und Entnahmeverfahren			
Aufschlussart: ☐ Rammkernsonde ☐ Schlitzsonde ☐ Sonstiges:			
Bohrwerkzeug:		Bohrgerätetyp:	
Sondendurchmesser [mm]:		Bohrlochdurchmesser [mm]:	
Bohr-/Endtiefe [m]:		Abdichtung des Bohrlochs:	
Ausbau mit Filterrohr: ☐ nein ☐ ja, von: bis:			
Grundwasser ☐ nein ☐ ja, angetroffen bei (m u GOK):			
Schichtaufnahme nach ☐ DIN 4022 ☐ KA 4 ☐ Schichtenverzeichnis liegt bei			
Bohrloch wiederverfüllt mit:			
Art des Entnahmeverfahrens:			
Art der Entnahmestelle: ☐ stationär ☐ temporär			

(Quelle: LfU Bayern Merkblatt 3.8/4, 2003)

Probennahme / Vor-Ort-Bestimmungen			
Projekt-/Auftragsnummer:		Labornummer:	Beprobungspunkt:
Datum und Uhrzeit der Probennahme:		Probenbezeichnung:	
Probennehmer:			
Art des Entnahmeverfahrens:			
Art der Probensammlung:			
☐ Gassammelgefäß	☐ Adsorptionsröhrchen	☐ Direktmessung	
☐ Headspace-Gläschen ☐ Pasteurpipette ☐ Sonstige:	Typ: Adsorbens:	☐ GC-MS ☐ Sonstiges:	
Volumen [ml]:	Volumen [ml]:	Volumen [ml]:	
Mehrfachbeprobung: ☐ ja, Anzahl: ☐ nein			
Vor-Ort- Messungen:			
☐ CO ₂ [Vol%]:	☐ O ₂ [Vol %]:	☐ CH ₄ [Vol%]:	
☐ H ₂ S [ppm]:	☐ Sonstige:	☐ Bodenluft-Temp. [°C]:	
Unterdruck [mbar]:	Volumenstrom [l/h]:	Absaugdauer [min]:	
Entnahmemenge [l]:			
Sonstiges:			
Dichtheitsprüfung der Entnahmesonde:			
Spülung der Sammelgefäße:		Reinigung der Bohr- und Entnahmegeräte:	
Probentransport und -lagerung			
Transport ins Labor am:	☐ ungekühlt	☐ gekühlt	☐ dunkel
Transportart:	☐ Kurier	☐ Post	☐ direkt ☐ Sonstige
Lagerung der Proben:	☐ ungekühlt	☐ gekühlt	☐ dunkel
Bemerkungen / besondere Vorkommnisse			
Für die Richtigkeit der Angaben			
Datum / Uhrzeit:		Unterschrift Probennehmer:	
Übergabe der Probe an Untersuchungsstelle/Labor			
Datum/Uhrzeit:		Unterschrift Untersuchungsstelle:	

(Quelle: LfU Bayern Merkblatt 3.8/4, 2003)

Aufnahme von Daten / Messungen bei Entnahme mehrerer Bodenluftproben aus einer Entnahmestelle (z. B. aus unterschiedlichen Tiefen)

Probennahme/Vor-Ortbestimmungen									
Projekt-/Auftragsnummer:			Ort:		Labornummer:		Probennehmer:		Beprobungspunkt:
Datum / Uhrzeit	Bezeichnung der Probe	Entnahmetiefe [m]	Volumenstrom [l/h]	Absaugdauer [min]	Entnahmevolumen [l]	Art der Proben-sammlung	Probenvolumen, Mehrfachbeprobung	Vor-Ort-Messungen	Sonstiges (z. B. Witterung, meteorol. Verhältnisse)

Sonstige Anmerkungen:

Entnommen aus: LfU Bayern Merkblatt 3.8/4, Anlage 2: Protokoll zur Entnahme von Bodenluftproben (2003)
http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/merkblattsammlung/teil3_grundwasser_und_boden/doc/nr_384_anlage2.pdf

Anhang 4.3.5

Typenblätter

Direct Push (DP) Verfahren

Bodenprobennahme

Anhang 4.3.5.1

Typenblätter

Direct Push-Verfahren

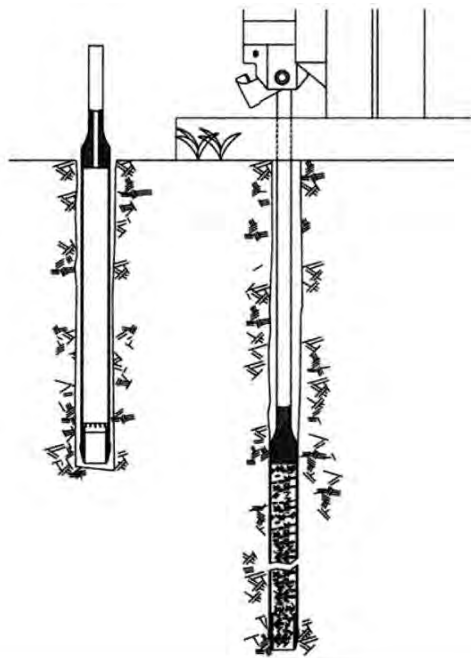
**Bodenprobennahme mit einfachem Gestänge
(Single Rod-System)**

Typenblatt

Direct Push-Technologien - Bodenprobennahme mit einfachem Gestänge (Single Rod-System)



(Quelle: LUGV, 2004)



(Quelle: www.geoprobe.com)

Verfahrensgrundsätze

Die Bodenprobennahme mit Hilfe von *Direct Push*-Technologien erfolgt im Allgemeinen über eine hohle Probennahmesonde, die in den Boden gedrückt wird, um aus einem definierten Tiefenintervall Untergrundmaterial zu gewinnen. Offene Probennehmer werden vorwiegend in der ungesättigten Bodenzone eingesetzt während geschlossene Probennehmer auch in der gesättigten Bodenzone uneingeschränkt einsetzbar sind. Im Gegensatz zu konventionellen Bohrmethoden sind diese *Direct Push*-Systeme meist kleiner und leichter und universeller einsetzbar.

Bei der *Direct Push*-Bodenprobennahme kann zwischen Probenehmer mit einfachem Gestänge („Single Rod“) und Gestänge mit Schutzverrohrung („Cased System“ oder „Dual Tube“) unterschieden werden.

Typische Probennahmesysteme mit einfachem Gestänge sind die sog. offenen oder geschlossenen Probennehmer (*Open* bzw. *Closed Piston*). Bei offenen Probenehmern erfolgt die Sondierung kontinuierlich oder diskret.

Bei kontinuierlicher Probennahme wird mit jedem neuen Vortrieb ein tieferliegendes Intervall beprobt. Die klassische Rammkernsondierung ist ein Beispiel für diese Art der Probennahme.

Bei diskreter Probennahme muss das Sondiergut durch sukzessives Vorsondieren entfernt werden. Hier wird nur ein bestimmtes Tiefenintervall beprobt. Bei geschlossenen Probennehmern wird in der Regel diskret beprobt. Die Sonde bleibt bis in die Zieltiefe verschlossen und wird durch spezielle Mechanismen in der Zieltiefe geöffnet und zur Probennahme weiter gedrückt bzw. gerammt. Dadurch ist es möglich, nur aus einem Tiefenintervall Probenmaterial zu gewinnen.

Folgende Probenehmer sind für *Single Rod*-Anwendung nach ASTM D 6282 geeignet:

- *Solid Barrel Sampler* (offen, geschlossen)
- *Split Barrel* (teilbarer Probenehmer)

Anwendungsgebiet

- ⇒ alle Stufen einer Standortuntersuchung (orientierende, Detail- und Sanierungsuntersuchungen) sowie in begrenztem Maß auch zur Standortüberwachung
- ⇒ Anwendung vorzugsweise in Ton bis Mittelkies ohne Grobbestandteile

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien – allgemein"

- ⇒ offene Single Rod-Probennnehmer für kontinuierliche Bodenprobennahme sollten nur bei bindigen Böden eingesetzt werden, um Probleme mit nachfallendem Randmaterial des Sondierkanals zu vermeiden
- ⇒ Probennahmen aus der gesättigten Bodenzonen sind außerdem in der Regel nur mit geschlossenen Probennnehmern „*Closed Piston*“ möglich, da nach Entfernen des Sondiergestänges der Sondierkanal im wassergesättigten Bereich kollabiert
- ⇒ durch die im Allgemeinen geringeren Durchmesser im Vergleich zum System mit Schutzverrohrung („*Dual Tube*“-Systeme, s. Anhang 4.3.5.2) können unter sonst gleichen Standortbedingungen meist größere Sondiertiefen erreicht werden

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ Viele dieser Probennnehmer sind abgewandelte Systeme von konventionellen Bohrsystemen, bei denen ein großer Erfahrungsstand vorhanden ist. Auch werden die Direct Push-basierten Probennahmesysteme routinemäßig eingesetzt und sind teilweise auch standardisiert, z.B.:
 - alt: DIN 4021 Aufschluss durch Schürfe, Bohrungen und Entnahme von Proben
 - neu: DIN EN ISO 22475-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- ⇒ ASTM D 6282 Guide for Direct-Push Soil Sampling for Environmental Site Characterization

Tagesleistung

- ⇒ Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:
$$t_{PN} = t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA}$$
 - t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenprobe in min
 - t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min
 - t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min
 - t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Bodenprobe in min
 - t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Zur Identifikation zielgerichteter Beprobungshorizonte kann sich der Einsatz von Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter anbieten, aus denen sich lithologische Einheiten abschätzen lassen (z.B. Messung von Profilen der elektrischen Leitfähigkeit oder Cone Penetrometer Testing). Dementsprechend sollte bei einer Erkundungskampagne mit Sondierungen mit in situ-Messungen von geophysikalischen, geotechnischen und geohydraulischen Parameter eine Bodenprobennahme an verschiedenen Referenzpunkten zu Korrelationszwecken erfolgen.
- ⇒ Der Ausbau der Sondierungen mit einfachen Gestängesystemen zu Bodenluft- oder Grundwassermessstellen ist in der Regel nicht möglich, da nach Entfernen des Sondiergestänges der offene Sondierkanal kollabiert.

Fehlerquellen (objektiv, subjektiv)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen) zum lithologischen Aufbau des Untergrundes ("blinde" Probenahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Probennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sondierung und Probennahme

- ⇒ keine strikte Einhaltung der zu beprobenden Tiefenhorizonte
- ⇒ offene Single Rod-Probennnehmer für kontinuierliche Bodenprobennahme sollten nur bei bindigen Böden eingesetzt werden, da sonst die Proben durch nachrutschendes Material aus dem Bohrloch verfälscht werden können
- ⇒ Verschleppung von Kontaminationen durch den Probennnehmer
- ⇒ Schadstoff in Phase kann durch das offene Bohrloch nach unten migrieren
- ⇒ in der Regel nur Entnahme von gestörten Bodenproben möglich, Ausnahme: Verwendung von dünnwandigen Entnahmegeräten, „Shelby-Tubes“
- ⇒ mangelhafte Dekontamination und Reinigung der Probennahmeausrüstung vor, zwischen und nach den Beprobungen
- ⇒ Verunreinigung der Bodenprobe durch eindringendes Grundwasser
- ⇒ es wurden keine Liner verwendet (Untersuchungsziel: VOC)

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- ⇒ Verhältnis von Vorschub und Kerngewinn
- ⇒ Prüfung auf (kontaminiertes) Grundwasser
- ⇒ Dekontamination der Geräte (Weiterführende Hinweise zu Dekontamination in ASTM D 5088 und D 5608)
- ⇒ Probenbehandlung (Kühlung, Transportzeit, Lagerungsdauer, Sonneneinstrahlung)
- ⇒ Eignung der Probengefäße
- ⇒ Vergleichsproben

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prüfung der Analysenergebnisse auf Hinweise von Stoffverschleppung

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Unerwartete Ergebnisse
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probennahme / Interpretationen)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ Für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation und Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. Anlage zum Anhang 4.3.5.1)
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4 Anhang 1: Protokoll zur Entnahme von Bodenproben http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/merkblattsammlung/teil3_grundwasser_und_boden/doc/nr_384_anlage1.pdf (2003)

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2008): Soil and Soil Gas Samplers, <http://clu-in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring.

In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392

- ⇒ Ohio Environmental Protection Agency (2005): Technical Guidance for Ground Water Investigations, Chapter 15 Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling
- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Ground Water Samplers <http://clu-in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ US Army Corps of Engineers (1996): Tri-Service Site Characterization and Analysis Penetrometer System (SCAPS) <http://www.usace.army.mil/publications/eng-tech-ltrs/etl1110-1-171/entire.pdf>
- ⇒ US Army Corps of Engineers (1995): Site Characterization and Analysis Penetrometer System (SCAPS) <http://www.usace.army.mil/publications/eng-pamphlets/ep1110-1-32/entire.pdf>
- ⇒ ASTM D 6282
- ⇒ Klaus Knödel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007), Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004 http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/lab0_nr4.pdf
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4: Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Grundwasser

Anhang 4.3.5.2

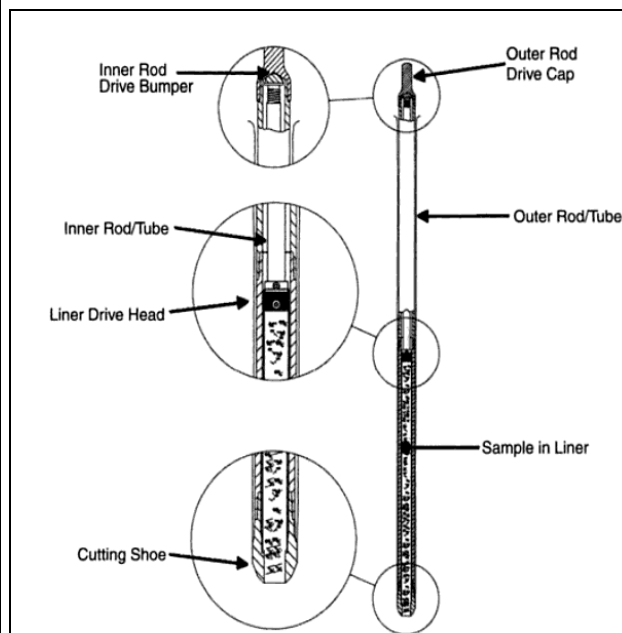
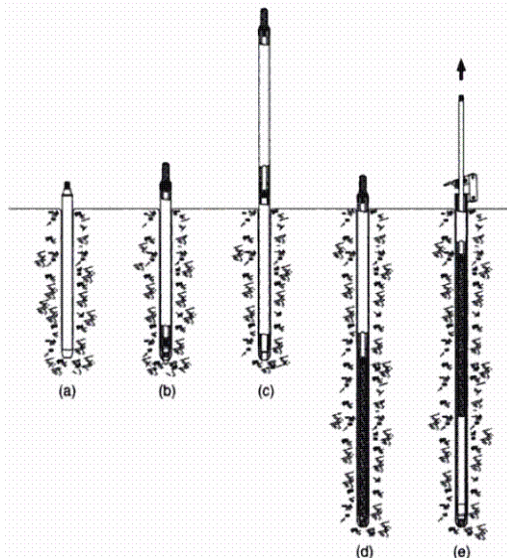
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Bodenprobennahme mit schutzverrohrtem Gestänge
(Dual Tube-System)**

Typenblatt

Direct Push-Technologien - Bodenprobennahme mit schutzverrohrtem Gestänge (Dual Tube-System)



(Quelle: www.geoprobe.com)

Verfahrensgrundsätze

Bei der *Direct Push*-Bodenprobennahme kann zwischen Probennehmer mit einfachem Gestänge („*Single Rod*“) und Gestänge mit Schutzverrohrung („*Cased System*“ oder „*Dual Tube*“) unterschieden werden.

Dual Tube-Probennahmemethoden unterscheiden sich von den einfachen Gestängesystemen dadurch, dass zusammen mit der Probennahmesonde ein Schutzrohr in den Untergrund verbracht wird. Durch dieses zusätzliche Schutzrohr vergrößert sich der Sondierdurchmesser, weshalb in der Regel bei sonst gleichen Untergrundbedingungen geringere Sondiertiefen erreicht werden. Der Vorteil dieses Systems ist die Minimierung der Schadstoffverschleppung.

Wie beim *Single Rod*-Systeme mit einfachem Gestänge können auch hier offene und geschlossene Probennehmer (*Open* bzw. *Closed Piston Sampler*) eingesetzt werden.

Bei offenen Systemen erfolgt die Probennahme entweder kontinuierlich oder diskret. Bei kontinuierlicher Probennahme wird mit jedem Vortrieb der Schutzverrohrung ein tieferliegendes Intervall beprobt, bei diskreter Probennahme erfolgt die Beprobung aus nur einem Tiefenintervall.

Dual-Tube Bodenprobennehmer gibt es in verschiedenen, anforderungsbezogenen Ausführungen.

Folgende Probennehmer sind für die Dual Tube-Anwendung nach ASTM D 6282 geeignet:

- *Open Solid Barrel* (offener Probennehmer mit Luftventil)
- *Shelby-Tubes* (dünnwandige Probennehmer) offen, geschlossen
- *Split Barrel* (teilbarer Probennehmer)

Anwendungsgebiet

- ⇒ alle Stufen einer Standortuntersuchung (orientierende, Detail- und Sanierungsuntersuchungen) sowie in begrenztem Maß auch zur Standortüberwachung
- ⇒ Anwendung vorzugsweise in Ton bis Mittelkies ohne Grobbestandteile
- ⇒ Bodenprobennahme bei erhöhter Gefahr von Querkontamination und Schadstoffverschleppung

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct Push-Technologien – allgemein"

- ⇒ durch die im Allgemeinen größeren Durchmesser im Vergleich zu Single Rod-Systemen lassen sich unter sonst gleichen Standortbedingungen meist nur geringere Sondiertiefen erreichen

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ viele dieser Probennehmer sind abgewandelte Systeme von konventionellen Bohrsystemen, bei denen ein großer Erfahrungsstand vorhanden ist, auch werden die Direct Push-basierten Probennahmesysteme routinemäßig eingesetzt und sind teilweise auch standardisiert, z.B.:
- alt: DIN 4021 Aufschluss durch Schürfe, Bohrungen und Entnahme von Proben
 - neu: DIN EN ISO 22475-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- ⇒ ASTM D 6282 Guide for Direct-Push Soil Sampling for Environmental Site Characterization

Tagesleistung

- ⇒ Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:
- $$t_{PN} = t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA}$$
- t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenprobe in min
 t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min
 t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min
 t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Bodenprobe in min
 t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min
- ⇒ bei größeren Tiefen ist die „Single Rod“-Probennahme langsamer als Dual Tube-Probennahme

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Zur Identifikation zielgerichteter Beprobungshorizonte kann sich der Einsatz von Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter anbieten, aus denen sich lithologische Einheiten abschätzen lassen (z.B. Messung von Profilen der elektrischen Leitfähigkeit oder Cone Penetrometer Testing). Dementsprechend sollte bei einer Erkundungskampagne mit Sondierungen mit in situ-Messungen von geophysikalischen, geotechnischen und geohydraulischen Parameter eine Bodenprobennahme an verschiedenen Referenzpunkten zu Korrelationszwecken erfolgen.
- ⇒ Der Ausbau der Sondierungen mit doppeltem Gestängesystemen zu Bodenluft- oder Grundwassermessstellen ist aufgrund der Schutzverrohrung in der Regel möglich.

Fehlerquellen (objektiv, subjektiv)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen) zum lithologischen Aufbau des Untergrundes ("blind" Probenahme, d.h. Unkenntnis bzgl. der lithologischen Beschaffenheit des Beprobungshorizontes)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Probennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ keine strikte Einhaltung der zu beprobenden Tiefenhorizonte
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sondierung und Probennahme
- ⇒ Verschleppung von Kontaminationen durch den Probennehmer
- ⇒ Verunreinigung der Probe durch kontaminiertes Grundwasser
- ⇒ mangelhafte Dekontamination und Reinigung der Probennahmeausrüstung vor, zwischen und nach den Beprobungen

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- ⇒ Dekontamination der Geräte (Weiterführende Hinweise zu Dekontamination in ASTM D 5088 und D 5608)
- ⇒ Prüfung auf (kontaminiertes) Grundwasser
- ⇒ Vergleichsproben
- ⇒ Probenbehandlung (Kühlung, Transportzeit, Lagerungsdauer, Sonneneinstrahlung)
- ⇒ Eignung der Probengefäße

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prüfung der Analysenergebnisse auf Hinweise von Stoffverschleppung

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Unerwartete Ergebnisse
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probenahme / Interpretationen)

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohreräteführer nach DIN 4021
- ⇒ Für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation, und gesunder Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ Probennahmeprotokoll (s. Anlage zum Anhang 4.3.5.1)
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4 Anhang 1: Protokoll zur Entnahme von Bodenproben

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies (2008): Soil and Soil Gas Samplers, <http://clu-in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ Ohio Environmental Protection Agency (2005): Technical Guidance for Ground Water Investigations, Chapter 15 Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling
- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Ground Water Samplers <http://clu-in.org/char/technologies/soilandsoilgassamp.cfm> (Stand: 26.11.2008)
- ⇒ US Army Corps of Engineers (1996): Tri-Service Site Characterization and Analysis Penetrometer System (SCAPS) <http://www.usace.army.mil/publications/eng-tech-ltrs/etl1110-1-171/entire.pdf>
- ⇒ US Army Corps of Engineers (1995): Site Characterization and Analysis Penetrometer System (SCAPS) <http://www.usace.army.mil/publications/eng-pamphlets/ep1110-1-32/entire.pdf>
- ⇒ ASTM D 6282
- ⇒ Klaus Knödel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007), Environmental Geology: Handbook of

Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin

- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/labo_nr4.pdf
- ⇒ LfU Bayern Merkblatt 3.8/4: Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Grundwasser

Anhang 4.3.6

Typenblätter

Direct Push-Verfahren

Beschaffenheitskennwerte

Anhang 4.3.6.1

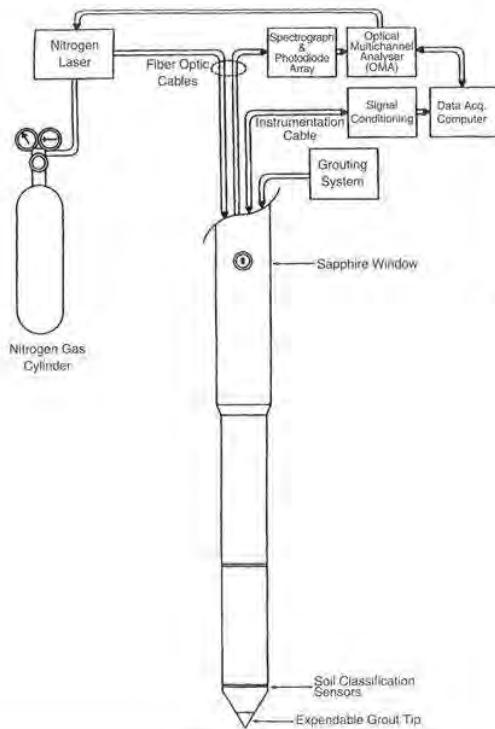
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

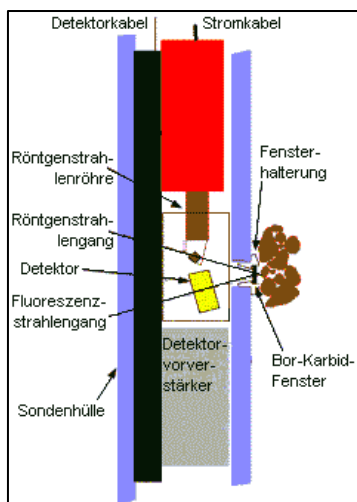
**Schadstoffdetektierende Sonden
(allgemein)**

Typenblatt

Direct Push-Verfahren - Schadstoffdetektierende Sonden, allgemein



Kombiniertes LIF/CPT-System
(Quelle: McCall et al. 2006)



XRF-Sonde

(Quelle: US EPA, Analytical Systems http://fate.clu-in.org/direct_push/dpanalytical.asp, verändert)

Verfahrensgrundsätze

Für die Erfassung vertikaler Schadstoffverteilungen stehen verschiedene Methoden im Bereich der Direct Push-Technologien zur Verfügung, wobei sich in der Regel nur semiquantitative Ergebnisse erzielen lassen und diese demnach nicht für die Analytik bezüglich des Nachweises von Schadstoffmengen und speziellen Einzelstoffen gedacht sind.

Die *Membran-Interface-Probe (MIP)* dient zum Nachweis von leicht- bis mittelflüchtigen Substanzen (MKW, LHKW und BTEX), die über eine beheizte hydrophobe Polymermembran ins Innere der Sonde überführt werden und mittels Trägergas an die Erdoberfläche und die entsprechenden Detektoren geleitet werden.

Mit der Methode der *laserinduzierten Fluoreszenz (LIF)* lassen sich Mineralöle (z.B. Diesel, Benzin, Kerosin) im Untergrund nachweisen. Bei dieser Methode wird ein Laserstrahl durch ein Saphirfenster in den Untergrund (Sickerwasser-, Grundwasserbereich) geleitet. Bei Vorhandensein von MKW wird durch das Laserlicht Fluoreszenz erregt, deren Wellenlängenspektrum, charakteristisch für verschiedene Substanzen ist und über ein zweites Lichtleiterkabel aufgezeichnet wird. Beispiele für solche Systeme ist die *ROST®-Technologie* (Rapid Optical Screening Tool) der Fa. FUGRO sowie die *UVOST-Technologie* (UltraViolet Optical Screening Tool) der Fa. Dakota Technologies.

Zum Nachweis anorganischer Substanzen (z.B. Schwermetalle) sind zwei Technologien in Kombination mit Direct Push bekannt.

Die *XRF-Methode* beruht auf dem Prinzip der Röntgenstrahlenfluoreszenz und ist geeignet, um Schwermetalle mit Konzentrationen ab ca. 100 ppm nachzuweisen.

Die *LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy)-Methode* nutzt einen energiereichen pulsierenden Laser der im Boden unter hohen Temperaturen Plasma erzeugt, welches Licht in Form von Funken emittiert. Die Spektralfarben ermöglichen die Identifizierung der entsprechenden Schwermetalle, wobei LIBS allgemein niedrigere Nachweisgrenzen besitzt als XRF.

Anwendungsgebiet

- ⇒ Technologien zur Ermittlung chemischer Parameter können in orientierenden und Detailuntersuchungen zum Einsatz kommen, bedingt lassen sie sich auch für Sanierungsuntersuchungen und zum Teil bei der Standortüberwachung anwenden

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct-Push-Technologien – allgemein"
- ⇒ Sonden zeigen in der Regel nur qualitativ bzw. semiquantitativ das Vorhandensein von Schadstoffen an, die Sonden sind daher lediglich als „Screening“-Tool verwendbar

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ die Sonden werden in verschiedenen Ländern am Markt angeboten und es sind zahlreiche Fallstudien verfügbar, welche die Leistungsfähigkeit der Sonden belegen
- ⇒ neben der Ermittlung geochemischer Parameter zum Teil auch geophysikalische Parameter mit integriert (Integration der ROST bzw. MIP-Sonde in einem CPT-System)

Tagesleistung

- ⇒ je nach maximaler Sondiertiefe, Schadstoffkonzentrationen und Installation der Geräte kann die Tagesleistung von zwei bis zu fünf Sondierungen pro Tag reichen

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Für die Verifizierung der Sondierergebnisse sind in der Regel Probennahmen (Bodenluft, Boden bzw. Grundwasser) erforderlich. Des Weiteren ist die Kombination mit Sonden zur Ermittlung geotechnischer oder geophysikalischer Parameter möglich (z.B. Messung von Profilen der elektrischen Leitfähigkeit anschließender Probennahme oder Cone Penetrometer Testing mit BAT-Probennahme während der Sondierung).

Fehlerquellen *(worauf muss geachtet werden, objektive (systembedingte) und subjektive (handhabungsbedingte) Fehlerquellen, Einschränkungen)*

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen)
- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sondierungen
- ⇒ es ist auf die Umgebungsbedingungen zu achten, die teils empfindlichen Geräte reagieren sensibel auf Umwelteinflüsse
- ⇒ Möglichkeit der vertikalen Verschleppung von Schadstoffen beim Durchteufen von kontaminierten Bereichen
- ⇒ fehlerhaftes kalibrieren und fehlende Dokumentation der Messsonden

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ prozessbezogene Prüfung des Messparameter

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Sondierprotokoll

Plausibilitätskriterien

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Abgleich mit Probennahmeergebnissen
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probennahme / Interpretationen)
- ⇒ unerwartete Ergebnisse, falsch positive oder falsch negative Befunde

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ fundierte Sachkenntnis aus den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen bzw. vergleichbare Qualifikation

Literaturhinweise/Links

- ⇒ United States Environmental Protection Agency (1997): Office of Underground Storage Tanks: Expedited Site Assessment Tools for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, EPA 510-B-97-001
- ⇒ US EPA: Geotechnical Sensors, <http://www.clu-in.org/char/technologies/dpgeotech.cfm>, 15.03.2009
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ Fachinformation des Landesumweltamtes Nr.4: Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg – Nationale und internationale Sachstandsrecherche; Landesumweltamt Brandenburg, 2004 http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/lab0_nr4.pdf
- ⇒ Materialien der United States Environmental Protection Agency (EPA): www.epa.gov und <http://fate.clu-in.org/Themen> :
 - Analytical Systems: http://fate.clu-in.org/direct_push/dpanalytical.asp
 - LIF (Laser Induced Fluorescence): <http://fate.clu-in.org/LIF.asp?techtypeid=93>

Anhang 4.3.6.2

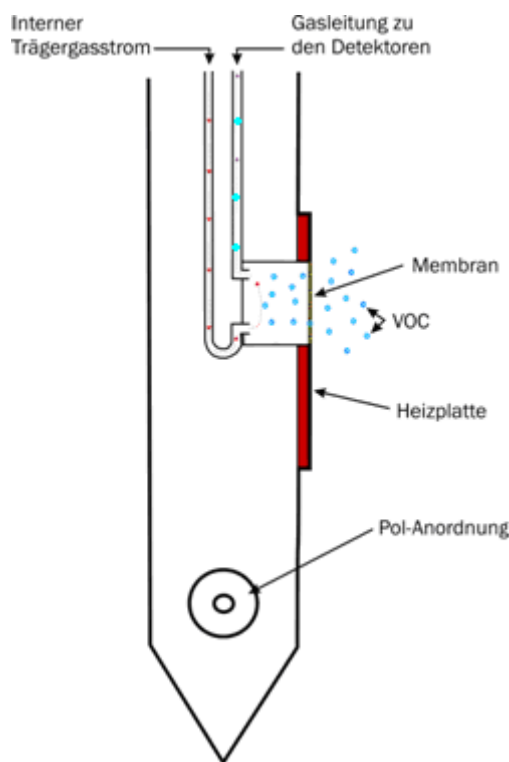
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Schadstoffdetektierende Sonden
(Membrane Interface Probe (MIP) -Sonden)**

Typenblatt

Direct Push-Verfahren - Schadstoffdetektierende Sonden, Membrane Interface Probe (MIP) -Sonden



Membrane Interface Probe (MIP) -Sonde

Verfahrensgrundsätze

Die MIP-Technik ist ein qualitatives Untersuchungsverfahren zur Detektion von leichtflüchtigen organischen Schadstoffen (VOC).

Mittels *Direct Push*-Technologien wird eine Sonde in den Untergrund gebracht, über die die umgebende Bodenmatrix vor einer semipermeablen Membran auf 120°C erhitzt wird. In die Gasphase übergegangene VOCs permeieren durch die Membran und werden über einen Stickstoffkreislauf zu verschiedenen Detektoren (z. B. PID, FID, DELCD) transportiert, die die Schadstoffe als Summensignal detektieren. Unterhalb des Heizblockes mit Membran befindet sich eine Pol-Anordnung, mit der die elektrische Leitfähigkeit des Bodenmaterials gemessen werden kann.

MIP-Sonden sind in 2 Versionen verfügbar:

- *Single Array* und
- *Dual Array*-Sonden.

Single Array-Sonden sind „stand alone“-Sonden, die unmittelbar an das Gestänge angeschlossen werden.

Dual Array-Sonden sind in Modulbauweise gefertigt und werden hinter einer vorgeschalteten Sonde, beispielsweise einer *Cone Penetration Testing*-Sonde an das Gestänge angesetzt. Durch diese Verfahrenskombination ist es möglich, geotechnische und geochemische Parameter mit einer Sondierung zu erfassen.

Anwendungsgebiet

⇒ Lokalisierung der horizontalen und vertikalen Ausbreitung von leichtflüchtigen organischen Schadstoffen

Anwendungsgrenzen

⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt „Direct Push“-Technologien – allg.
 ⇒ Detektionsvermögen abhängig von der Bodenmatrix und der Siedepunkte der einzelnen Schad-

stoffe

- ⇒ Detektoren besitzen eine minimal bzw. maximal detektierbare Konzentration. Bei deren Unterschreitung wird trotz Vorhandensein von Schadstoffen kein Messwert angezeigt und bei deren Überschreiten ist weiterer Konzentrationsanstieg sichtbar.

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ aktuelle Sonde MP4510 (Fa. Geoprobe®) mit wechselbarer Membran
- ⇒ Adaption einer MIP-Sonde von der Firma FUGRO CONSULT GMBH zum kombinierten Einsatz mit CPT
- ⇒ ASTM D 7352-07

Tagesleistung

- ⇒ Je nach maximaler Sondiertiefe, Schadstoffkonzentrationen und Installation der Geräte kann die Tagesleistung von einer bis zu 3 Sondierungen pro Tag reichen. Bei geringen Sondiertiefen und guten Untergrundbedingungen sind mehr als 3 Sondierungen täglich möglich.
- ⇒ die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_{PN} = t_{EA} + t_H + t_U + t_{VA}$$

- t_{PN} - Gesamtzeit für MIP-Sondierung in min
- t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Sonde und Messtechnik in min
- t_H - Gesamtzeit für Haltepunkte der Sondierung
- t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min
- t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Für eine detaillierte chemische Analyse der einzelnen Schadstoffe und deren Konzentration sind tiefenorientierte Bodenluft- beziehungsweise Grundwasserprobeentnahmen notwendig

Fehlerquellen (*objektiv, subjektiv*)

- ⇒ mangelhafte Formulierung der Zielstellung
- ⇒ Möglichkeit der vertikalen Verschleppung von Schadstoffen beim Durchteufen von kontaminierten Bereichen
- ⇒ falsches Messsignal durch vertikale Verschleppung von Schadstoffen
- ⇒ Membran unzureichend festgeschraubt und / oder undicht □ Wassereintritt
- ⇒ Wassereintritt in den Gaskreislauf durch Beschädigung der Membrane beim Durchteufen festerer oder verkitteter Sedimente.
- ⇒ zu geringe Erhitzung des Untergrundes □ zu geringe Schadstoffmobilisierung
- ⇒ Kondenswasserbildung in der Transportleitung aufgrund von Temperaturdifferenzen
- ⇒ Verstopfung der Gasleitungen durch Feinpartikel
- ⇒ Wassereintritt über das Gestänge □ Kurzschluss an Verbindungen der Sonde
- ⇒ fehlerhafte Bestimmung der Gastripzeit

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Kontrolle des Aufnahmegeräts für die Sondiertiefe
- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- ⇒ Aufstellung eines Arbeits- und Sondierplanes, in dem die Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen definiert ist
- ⇒ Responsetest zur Bestimmung der Gastripzeit

- ⇒ Responsetest mit Zielsubstanzen in den zu erwartenden Konzentration
- ⇒ Kalibration der Nachweisgrenzen der einzelnen Detektoren
- ⇒ Einhaltung der maximalen Stoffkonzentrationen der Detektoren
- ⇒ Überprüfung der Dichtheit des Systems durch Kontrolle mittels Massenflussmeter
- ⇒ Dekontamination des Systems (Spülung, Reinigung)
- ⇒ Entnahme von Vergleichsproben mittels quantitativer Probennahmesysteme zur Referenzierung der Messwerte

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ ASTM D-7352-07

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Sondierprotokolle
- ⇒ Grafische Darstellung der Detektorsignale und physikalischen Parameter
- ⇒ Schadstoffverteilungsprofile
- ⇒ Dekontaminationsmaßnahmen
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ unerwartete Ergebnisse, falsch positive oder falsch negative Befunde
- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Sondierungen / Interpretationen)
- ⇒ Abgleich der Detektorsignale

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation, und Sachverstand für qualitativ hochwertige Sondierergebnisse unerlässlich

Literaturhinweise/Links

- ⇒ ASTM D7352-07: Standard Practice for Direct Push Technology for Volatile Contaminant Logging with the Membrane Interface Probe (MIP)
- ⇒ Christy TM (1996) A permeable membrane sensor for the detection of volatile compounds in soil, National Ground Water Association's Outdoor Action Conference, Las Vegas, Nevada,
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ Klaus Knödel, Gerhard Lange, Hans-Jürgen Voigt (2007), Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies, Springer, Berlin
- ⇒ Dietrich, P., Leven, C. (2006): Direct push-technologies. In: Kirsch, R. (Hrsg.): Groundwater geophysics. A tool for hydrogeology. Springer, Berlin, S. 321-340
- Landesumweltamt Brandenburg, 2004, Praxiserprobte und innovative Direkt/in Situ-Probennahmeverfahren für Grund-, Sickerwasser und Bodenluft im Rahmen der Altlastenbearbeitung, Fachinformation des Landesumweltamtes Brandenburg Nr.4, 2004 Seiten 87-88
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2334.de/labo_nr4.pdf
- ⇒ N. Ehle, M. Neuhaus, 1998, Standortuntersuchung mit Drucksondentechnik und Membrane Interface Probe, TerraTech 5/1998
- ⇒ H. Weiß, T. Ptak, K. Batereau, K. J. Busch, J. Flachowski, 2005, Innovative Mess- und Überwachungsmethoden (Grundwassermonitoring), Altlastenforum Baden-Württemberg e. V. Heft 11
- ⇒ United States Environmental Protection Agency, Technology Innovation Program, Direct Push Technologies: Membrane Interface Probe-Technologie <http://www.clu->

in.org/char/technologies/mip.cfm (Stand 12.12.2008)

⇒ GEO-LOG GEOTECHNIK GmbH (2005) Innovative Erkundungsverfahren, MIP-Sondierungen – Verfahrensbeschreibung

Anhang 4.3.6.3

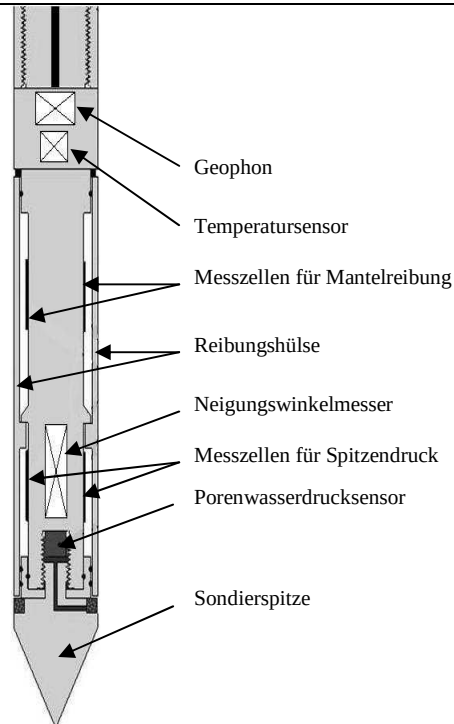
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Sonden zur Ermittlung
geophysikalischer und
geotechnischer Parameter**

Typenblatt

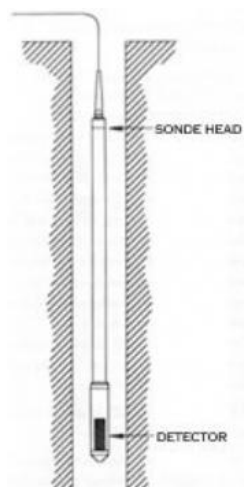
Direct Push-Technologien - Sonden zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter



Elektrische CPT-Sonde



EC-Sonde



Gamma-Sonde

Verfahrensgrundsätze

Für die *in situ*-Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter kommen verschiedene Sonden zum Einsatz.

Zur Ermittlung geophysikalischer Parameter werden hauptsächlich Electrical Conductivity (EC)-Sonden und Gamma-sonden eingesetzt.

Für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit werden Sonden mit einfachen Polanordnungen oder Vierpol-Anordnungen (sog. *Wenner*-Sonden) verwendet. In der Regel wird diese Art der Sonden dafür eingesetzt stark tonhaltige Schichten von wenig tonhaltigen Schichten (z.B. Übergang eines Grundwasserleiters zu einem Grundwasserstauer) zu detektieren.

Gammasonden sind passive Sonden, mit denen die natürliche Gammastrahlung gemessen wird. Das Prinzip beruht darauf, dass unterschiedliche Bodenarten unterschiedliche Intensitäten der Gammastrahlung emittieren. Anders als andere Sonden müssen sie nicht als Sondierspitze dienen. Sie können auch in Probennahmegeräten oder Verrohrungen eingelassen werden, da sie keinen Kontakt zum anstehenden Bodenmaterial brauchen. Da Ton einen höheren Anteil an radioaktiven Isotopen emittiert als Sand, ist eine Detektion von Tonlinsen und -lagen und somit die Lokalisierung von grundwasserstauenden Schichten mittels der Gamma-Sonde möglich.

Zur Ermittlung geotechnischer Parameter kommen Cone Penetration Test (CPT)-Sonden oder Rammsondierungen zum Einsatz. CPT-Sonden bestehen aus einer genormten Spitze und einer Reibfläche. Elektronisch oder mechanisch kann so der Spitzendruck und die Mantelreibung bestimmt werden. Aus einer Korrelation zwischen diesen beiden kann auf die Bodenart geschlossen werden.

Für CPT-Sonden gibt es viele optionale Sensoren, die zusammen mit der Sonde eingesetzt werden können. Darunter fällt beispielsweise ein Thermometer zur Bestimmung des Temperaturprofils des Bodens oder zur Detektion thermisch aktiver Schadstoffe. Weiterhin kann die CPT-Sonde mit Geophonen für seismische Messungen oder Piezoelementen zur Bestimmung des Porenwasserdrucks versehen werden.

Rammsondierungen bestehen aus einem Fallgewicht und einer Spitze. Fallgewicht und Spitze sind in Größe, Gewicht und Abmessungen genormt und in verschiedenen Größen verfügbar. Durch das Fallgewicht wird eine definierte Energiemenge in den Erdboden eingebracht, wodurch die Spitze vorangetrieben wird. Die Messgröße ist die Schlagzahl, die benötigt wird um die Sonde eine bestimmte Wegstrecke voran zu treiben. Eine Sonderform der Rammsondierung ist der Standard Penetration Test, bei dem die Schlagzahl mit der Bodenprobennahme durch einen *Barrel-* oder *Split Spoon-Sampler* korreliert wird.

Anwendungsgebiet

- ⇒ Technologien zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter kommen meist bei orientierenden Untersuchungen zum Einsatz, jedoch auch bei Detailuntersuchungen, sie geben einen Aufschluss über die grundsätzlichen Untergrundverhältnisse bzw. lithologischen Aufbau, woraus bei verdichteter Untersuchung ein detailliertes Bild des Untergrundes entsteht.

Anwendungsgrenzen

- ⇒ allgemeine Anwendungsgrenzen gemäß Typenblatt "Direct-Push-Technologien – allgemein"
- ⇒ Sonden sind auf druckbasierte Sondierfahrzeuge beschränkt, Messungen mit Hämmern sind nicht möglich
- ⇒ der Einsatz ist auf Böden ohne Steineinlagerungen, dicht gelagerten Kiesen sowie feste tonige und schluffige Böden beschränkt
- ⇒ keine Anwendung in Fels oder in durch von Zementation verfestigten Sedimenten
- ⇒ Rammsondierung: 8 – 25 m unter Ansatzpunkt

Entwicklungs-/Erfahrungsstand

- ⇒ viele der Sonden sind ausgereift und teils in verschiedenen Varianten verfügbar; es bestehen zahlreiche Fallstudien, die die Leistungsfähigkeit der Sonden belegen
- ⇒ Sonde mit Pol-Pol-Anordnung zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodenmaterials
- ⇒ DIN EN ISO 22476-1 (2005-04): Normentwurf: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck; Deutsche Fassung prEN ISO 22476-1:2005, wird voraussichtlich 2009 DIN 4094-1 ersetzen
- ⇒ DIN 4094-1 (2002-06): Baugrund- Felduntersuchungen- Teil1: Drucksondierungen
- ⇒ DIN EN ISO 22476-12 (2009-01): Normentwurf: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 12: Drucksondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern
- ⇒ NEN 3680: Static Cone Penetration Tests
- ⇒ ISSMGE International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (1999): International Reference Test Procedure for the Cone Penetration Test (CPT)
- ⇒ NEN 5140 (1996): Determination of the cone resistance and the sleeve friction of soil. Electric penetration test
- ⇒ BS 1377-9 (1990): Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes Part 9: In-Situ Tests
- ⇒ ASTM D 3441 (2004): Test method for deep, quasi static, cone and friction-cone penetration tests of soil
- ⇒ D 6067 (2004): Practice for electronic CPT for environmental site Characterization
- ⇒ ASTM D 5778-07 (2007): Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils
- ⇒ EN ISO 22 476-2 "Rammsondierungen"
- ⇒ EN ISO 22 476-3 "Standard Penetration Test"

Tagesleistung

- ⇒ je nach maximaler Sondiertiefe, Schadstoffkonzentrationen und Installation der Geräte kann die Tagesleistung von einer bis zu 3 Sondierungen pro Tag reichen, bei günstigen Untergrundverhältnissen und geringen Sondiertiefen sind auch mehr Sondierungen täglich möglich
- ⇒ die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_S = t_{EA} + t_{AP} + t_{MI}$$

t_S - Gesamtzeit für die Sondierung in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Messtechnik in min

t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Messtechnik in min

t_{MI} - Zeitaufwand für Messintervalle (falls vorgesehen) in min

Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

- ⇒ Sonden zur Bestimmung geophysikalischer und geochemischer Parameter bilden die Grundlage für die Planung von Probennahmen oder den Bau von Messstellen. Daher ist die Kombination mit geochemischen Sonden oder der Probennahme von Boden, Wasser oder Bodenluft sinnvoll
- ⇒ Einsatz von hydraulischen Methoden zur Informationsverdichtung

Fehlerquellen (*objektiv, subjektiv*)

- ⇒ fehlende bzw. mangelhafte Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, einschließlich der darin zu fixierenden Vorgaben für die Grundwasserprobennahme, Prüfkriterien für die Abnahme der Leistungen sowie Angaben, was eintritt, wenn die Prüfkriterien nicht erfüllt werden
- ⇒ keine Vor-Ort-Kontrolle der auszuführenden Leistungen durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm beauftragten Dritten
- ⇒ mangelhafte Dokumentation der Sondierung
- ⇒ korrekte Auswahl der Sonde für zu erwartende Untergrundgegebenheiten
- ⇒ konstante Vorschubgeschwindigkeit bei CPT
- ⇒ Kalibrierung der CPT-Messwerte mit Bodenproben des jeweiligen Standorts
- ⇒ Verfälschung der Messwerte der Druckmessdosen der CPT-Sonde durch Bodenmaterial
- ⇒ Nicht-Vertikalität der Sondierung, vor Allem bei großen Sondiertiefen
- ⇒ Abnutzung der Sonde: Mindestdurchmesser der Sondierspitzen von Rammsondierung und CPT unterschritten
- ⇒ Sättigung der Piezoelemente für Porenwasserdruckmessung
- ⇒ nicht vorhandene Unterlagen oder Informationen (z.B. aus vorangegangenen DP-Sondierungen)
- ⇒ es ist auf die Umgebungsbedingungen zu achten, die teilweise empfindlichen Geräte reagieren sensibel auf Umwelteinflüsse
- ⇒ Möglichkeit der vertikalen Verschleppung von Schadstoffen beim Durchteufen von kontaminierten Bereichen
- ⇒ fehlerhaftes kalibrieren der Messsonden
- ⇒ Kurzschlüsse durch Wassereintritt an Verbindungssteckern
- ⇒ defekte Verbindungsstecker
- ⇒ falsche Tiefenbestimmung durch Abweichung von der Vertikalen

Qualitätskontrolle

Prüfkriterien

- ⇒ Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- ⇒ Verlauf der Messwerte
- ⇒ Eignung der Sonde für den Anwendungsfall
- ⇒ Kalibrierung der Sonden
- ⇒ Korrelation der Messergebnisse mit (tiefenorientierten) Bodenprobennahmen
- ⇒ Sondenvorbereitung
- ⇒ Sichtprüfung der Verbindungsstecker
- ⇒ Einhaltung der Toleranzen der Abnutzung
- ⇒ Einhaltung der maximalen Abweichung von der Vertikalen bei CPT
- ⇒ Einhaltung der maximalen Drücke bei CPT
- ⇒ Einhaltung der Messintervalle
- ⇒ Prüfung der Boden- und Wasserdichtungen
- ⇒ Funktionstest vor Projektbeginn

Prüfverfahren

- ⇒ Soll-Ist-Vergleich
- ⇒ Prozessbezogene Prüfung des Messparameter

Dokumentation der Ergebnisse

- ⇒ Installations- und Probennahmeprotokoll
- ⇒ Sondenvorbereitung
- ⇒ Auffälligkeiten

Plausibilitätskriterien

- ⇒ kein Wechsel des Feldpersonals (Vergleichbarkeit der Probennahme / Interpretationen)
- ⇒ unerwartete Ergebnisse, falsch positive oder falsch negative Befunde

Erforderliche Zertifizierung und Qualifikation

- ⇒ wünschenswert: Fachkraft für Probenentnahme und Grundwassermessungen nach DIN EN 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probennahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer nach DIN 4021
- ⇒ für Probennahmen ist fundierte Sachkenntnis auf den Bereichen Geotechnik, Geologie, Chemie oder Umweltingenieurwesen, bzw. vergleichbare Qualifikation, und technischer Sachverstand für qualitativ hochwertige Proben unerlässlich

Beispiele für Protokollierung der Ergebnisse

- ⇒ DIN 4094-90 Anhang A-D

Literaturhinweise/Links

- ⇒ US EPA: Geotechnical Sensors, <http://www.clu-in.org/char/technologies/dpgeotech.cfm>, 15.03.2009
- ⇒ DIN EN ISO 22476-1 (2005-04): Normentwurf: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck; Deutsche Fassung prEN ISO 22476-1:2005, Wird voraussichtlich 2009 DIN 4094-1 ersetzen
- ⇒ DIN 4094-1 (2002-06): Baugrund- Felduntersuchungen- Teil1: Drucksondierungen
- ⇒ DIN EN ISO 22476-12 (2009-01): Normentwurf: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 12: Drucksondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern
- ⇒ EN ISO 22 476-2 "Rammsondierungen" (wird DIN 4094-3 ersetzen)
- ⇒ EN ISO 22 476-3 "Standard Penetration Test" (kein Ersatz für DIN 4094-2).
- ⇒ Lunne, T., Robertson P.K., Powell, J.J.M. (1997): Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice, Blackie Academic & Professionals
- ⇒ Rogers, J. D. (2006): Subsurface Exploration using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test in: Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XII, No. 2, Seiten 161-179
- ⇒ Mc Call, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Rarrington, Thomas M. Christy (2006): Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring. In: David M. Nielsen, Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground Water Monitoring, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, S 381-392
- ⇒ United States Environmental Protection Agency (1997): Office of Underground Storage Tanks: Expedited Site Assessment Tools for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators, EPA 510-B-97-001

Anhang 5

**Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen (MLB)
mit Musterleistungsverzeichnissen (MLV)**

Teil Qualitätssicherung

Anhang 5.1

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

Anhang 5.1.1

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

Erstbeprobung / Erstcharakterisierung
(hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobenahme aus Einzelmessstelle,
Messstellengruppen und Messstellenbündel
Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung
(hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Planung der Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung	5
3	Grundwasserprobennahme	7
3.1	Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen	7
3.2	Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln	9
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	9
5	Tagesberichte	9
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	10
7	Abnahme der Leistungen	11
8	Literatur	11
9	Teil-Musterleistungsverzeichnis	12

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind eine Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter hinsichtlich einer Erstbeprobung / Erstcharakterisierung unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Als hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle bei einer Pumpenförderleistung von >2 l/min eine konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t = 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Grundwasserprobennahme Erstbeprobung / Erstcharakterisierung von Grundwassermessstellen bilden vor allem, das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Fahrtkosten, Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie die Übergabe der Messprotokolle und Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumpteknik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die **Tabelle 1a** (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) enthält alle für die Planung der Probennahme bei einer Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenart - angegeben wird, ob es sich um eine Einzelmessstelle, Messstellengruppe oder Messstellenbündel handelt
- Messstellenbezeichnung - jede Grundwassermessstelle (GWMST) besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums, seine Angabe erfolgt in mm, bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:

VTB:	verrohrte Trockenbohrung
VTB+K:	verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
VSF:	verrohrte Spülbohrung
VSF+K:	verrohrte Spülbohrung mit Kernung

Das Bohrverfahren ist eine wesentliche Grundlage zur qualitativen Bewertung der hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten.

- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben. Bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:
 - VR: Vollrohr
 - FR: Filterrohrwobei das verwendete Material hinzugefügt wird
- Grundwasserleiter - der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Erkundungsmethodik angegeben
- k_f -Wert - bei den hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten (k_f -Wert in m/s) wird unterschieden in:
 - a) aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
 - b) aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
 - c) aus einer Sieblinie ermittelter Wert
 - d) auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert
 - e) aus einem Slug and Bail Test ermittelten Wert
- Tiefe - die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m
- Filterlage - aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohr oberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen
- Kontaminationsverdacht - angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind.

Die Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) ist bei einer Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung vom AN auf der Grundlage der Tab. 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) messstellenspezifisch auszufüllen und dem AG vor Beginn der Arbeiten zur Prüfung vorzulegen. Folgende Bezeichnungen sind vom AN einzutragen:

- Messstellenart
- Messstellenbezeichnung - jede Grundwassermessstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Pumpenförderleistung (Q_P) - die während der Abpump- und Probennahme phase zunächst einzustellende Pumpenförderleistung wird in l/min angegeben, sie ist vom AN auf der Grundlage des k_f -Wertes zu ermitteln; im Rahmen der Erstbeprobung kann es jedoch erforderlich sein, die Pumpenförderleistung zu reduzieren, um eine vertretbare Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle nicht zu überschreiten
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe, sie ist vom AN zu ermitteln und bei der Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Abpumpzeit - die Abpumpzeit ist die Summe aus der Zeit, die bei der angegebenen Pumpenförderleistung erforderlich ist, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren; je nach der real erzielbaren Pumpenförderleistung kann sich die Abpumpzeit auch verringern bzw. erhöhen
- Abzupumpendes Filtervolumen - das abzupumpende Filtervolumen ist unbedingt einzuhalten, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren. Es ist bei jeder Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Absenkung - die Absenkung (s) ist bei jeder Probennahme als Funktion der Zeit aufzunehmen. Sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Absenkung mehr als 20% betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprüngliche, in der Tab. 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) angegebene Absenkung erreicht wird; die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (VF) unter Anwendung der Gleichung $t_A = VF / Q_P$ zu verlängern, dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte, wobei gegebenenfalls eine erhöhte Absenkung zulässig ist, die jedoch stets 1m geringer sein sollte als die Einbautiefe der Probennahmepumpe und im Normalfall nicht in den Filterbereich der GWMST reichen sollte

- R-GWMST - Reihenfolge der GWMST-Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmenden Phase zu messen sind.

2 Planung der Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Bei einer Erstbeprobung werden für die Angebotserarbeitung die voraussichtliche Schichtenfolge und der darauf begründete Ausbau der Grundwassergütemessstellen (Sollzustand) übergeben. Für die Planung der repräsentativen Grundwasserprobennahme erfolgt nach Abnahme der Grundwassergütemessstellen und Auftragserteilung die Übergabe der vorhandenen Ausbaudokumentation (Istzustand) durch den AG an den AN.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl. (1):

$$t_{PN} = \frac{V_F}{Q_P} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN}	Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]
V_F	Abzupumpendes Filtrervolumen entsprechend Gl.(2) [l]
Q_P	Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe entsprechend Gl.(3) [l/min]
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik [min]

Die Ermittlung des Wasservolumens (V_F), das während der Abpumpphase zu fördern ist, um die Einhaltung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums zu gewährleisten erfolgt nach [Gl. (2)].

$$V_F = 1,5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{BL}^2 \cdot L_F \quad (2)$$

V_F	1,5-fache Filtrervolumen [m³]
L_F	Länge der Filterschüttung (s. Abb. 1) [m]
d_{BL}	Durchmesser der Bohrung (s. Tabelle 1a) [m]

Die Ermittlung des Pumpenförderstroms, der eine repräsentative Grundwasserprobennahme ermöglicht (minimale Absenkung) erfolgt nach [Gl. (3)].

$$Q_P = s \cdot k_f \cdot L_{FR} \cdot 20 \cdot F_F \quad (3)$$

mit:

s	Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle [cm]
Q_P	Volumenstrom der Grundwasserprobennahmetechnik [l/min]
k_f	k_f -Wert des Grundwasserleiters (Tabelle 1a) [cm/min]
F_F	Filterflächenfaktor [-], s. Tab. 2
L_{FR}	Länge des Filterrohres [cm]

Die Reichweiten- und Geometrieabhängigkeit ist in dem Faktor 20 enthalten.

Die mittels Gl. (3) abgeschätzte zulässige Absenkung (s) sollte zusätzlich auf der Grundlage der in Tabelle 1 enthaltenen Angaben darauf geprüft werden, dass weder das geometrische noch das hydraulische Suffusions- bzw. Erosionskriterium für den im verfilterten Messstellenbereich befindlichen Grundwasserleiter überschritten werden [1].

Tab. 1: k_f -Wert-Abschätzung nach DIN 4220, Teil 2

Bodenart	k_f -Wert in m/s	k_f -Wert in cm/min
schluffiger Sand	$2 \cdot 10^{-6} \dots 8 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-2} \dots 4,8 \cdot 10^{-2}$
Feinsand	$2 \cdot 10^{-5} \dots 8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-1} \dots 4,8 \cdot 10^{-1}$
Mittelsand	$1 \cdot 10^{-4} \dots 8 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-1} \dots 4,8 \cdot 10^0$
Grobsand	$2 \cdot 10^{-3} \dots 8 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^1 \dots 4,8 \cdot 10^1$

Tab. 2: Filterflächenfaktor in Abhängigkeit der Filterart

Material	Lochungsart	Filterflächenfaktor
PVC/HDPE	Schlitzung 0,2 bis 3,0 mm	0,08 bis 0,13
Spezialfilter	Maschenweite 0,1 bis 0,6 mm	0,07 bis 0,23
Stahl	Wickeldrahtschlitzung 0,1 bis 3,0 mm	0,35 bis 0,40
	Schlitzbrücke 1 bis 4 mm	bis 0,15
	Schlitzlochung 1 bis 4 mm	bis 0,12
Filterrohr mit Kiesbelag	Schlitzung entsprechend Filterrohr	0,07 bis 0,23

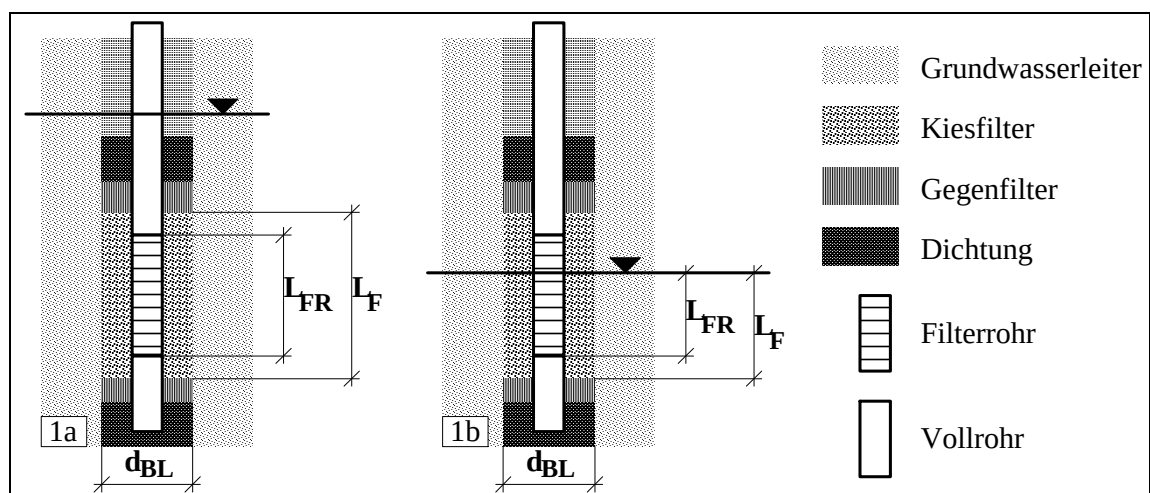


Abb. 1: Schematisierte Darstellung des Ausbaus einer Grundwassermessstelle

Liegt der Wasserspiegel im Bereich des Filters der Grundwassermessstelle, so errechnet sich die Einbautiefe der Probennahmetechnik aus Gleichung (4):

$$Z_{Pt} = Z_W + Z_{PA} + 1m \quad (4)$$

Z_{Pt} Einbautiefe der Grundwasserprobennahmetechnik in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_W Wasserspiegellage in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_{PA} Prognostizierte Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle in m

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Fall eine Minstdistanz zur Teufe der Grundwassermessstelle von 1 m eingehalten werden muss (Vermeidung der Aufwirbelung von Trübstoffen aus dem Bereich des Messstellensumpfrohres bzw. -bodens).

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der Gl.(2). Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend sollten an einem Tag nur Grundwassermessstellen in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt werden. Die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium sollte auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet werden. Auf der Grundlage des prognostizierten messstellenspezifischen Zeitaufwandes, der für eine Grundwasserprobennahme erforderlich ist, ist zusätzlich die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen festzulegen. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

3 Grundwasserprobennahme

3.1 Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der Grundwassermessstelle aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **Light Non Aqueous Phase Liquid**, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei Grundwassermessstellen mit einer aufschwimmenden Phase ist die Grundwasserprobennahme mit einer Schutzverrohrung durchzuführen. Im Angebot ist die vom AN vorgesehene Verfahrensweise für eine Grundwasserprobennahme mit Schutzverrohrung detailliert anzugeben.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) enthaltenen Angabe (Entnahmetiefe) einzubauen. Nur bei einer während der Erstbe-
probung / Erstcharakterisierung festgestellten größeren, nicht vermeidbaren Wasserspiegelabsenkung ist diese entsprechend Gl. (4) anzupassen.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung eingestellt und der Wasserspiegel überwacht. Sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Ab-

senkung mehr als 20% betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprüngliche, in der Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1) enthaltene Absenkung erreicht wird. Die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (V_F) unter Anwendung der Gleichung $t_A = V_F / Q_P$ zu verlängern.

Dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte, wobei gegebenenfalls eine erhöhte Absenkung zulässig ist, die jedoch stets 1 m geringer sein sollte als die Einbautiefe der Probennahmepumpe und im Normalfall nicht in den Filterbereich der GWMST reichen sollte.

Prinzipiell ist die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle konstant ($\Delta h/\Delta t=0$) einzustellen. Während der Abpumpphase sind bei Abpumpzeiten < 90 min alle 5 min bzw. bei Abpumpzeiten > 90 min alle 10 min folgende Angaben zu notieren:

- Wasserspiegellage in der Grundwassermessstelle in m
- Pumpenförderleistung in l/min (entsprechend Messung, dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Sauerstoffelektrode in der Durchflussszelle)
- pH-Wert in der Durchflussszelle
- Elektrische Leitfähigkeit in der Durchflussszelle
- Sauerstoffkonzentration in der Durchflussszelle und
- Redoxspannung in der Durchflussszelle.

Zusätzlich erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der Grundwassermessstelle
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)
- pH-Wert (Durchflussszelle)
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der Grundwassermessstelle und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Prinzipiell erfolgt die Entnahme jeder Grundwasserprobe:

- nach erreichtem hydraulischen Abbruchkriterium und
- mit der selben Pumpenförderleistung wie während der vorangehenden Abpumpphase, wobei das Abfüllen der Probenflaschen aus einem Bypass erfolgt, der vor der Durchflussszelle anzuordnen und auf einen Durchfluss von ca. 1 l/min einzustellen ist.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probennahme-Protokolls ist als Anlage 2 zum Anhang 5.1.1 beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit hoch mineralisierten Grundwässern können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden

nach jeder Beprobung solcher Grundwässer auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

3.2 Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln

In Ergänzung zu den unter 3.1 dargestellten Qualitätssicherungsmaßnahmen ist zusätzlich bei der Entnahme von Grundwasserproben aus Messstellenbündeln folgendes zu beachten bzw. durchzuführen.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung in der zu beprobenden Grundwassermessstelle eingestellt und der Wasserspiegel in allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre überwacht. Wird dabei festgestellt, dass in einer bzw. allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohr der Wasserspiegel ebenfalls unmittelbar abfällt, so ist das Messstellenbündel für eine prozessbezogene Überwachung, wie dem Monitored Natural Attenuation, nicht verwendbar. Zeitlich verzögerte Reaktionen der zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre sind durch den AN unter Beachtung der hydrogeologischen Verhältnisse zu bewerten.

Bei Messstellenbündel, die über mehrere Grundwasserleiter ausgebaut sind gilt, dass die zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre, die nicht beprobt werden keine Wasserspiegelabsenkung festgestellt werden darf. Ist dies jedoch der Fall, so ist vom AN der Rückbau der gesamte Messstelle sowie deren Neubau zu empfehlen.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- Analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrads, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der beprobten GWMST, an den GWMST festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit und besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte im xls-Format für:

- Wasserstand in der GWMST
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)
- pH-Wert (Durchflussszelle)
- elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahme aufgenommene Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit und der abgepumpten Filtervolumen (s. Anhang 4.1.1.1; Blatt 5 - 6).
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der Grundwassermessstellen
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen, einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen. Bei Grundwassermessstellen mit großen Grundwasserspiegelschwankungen ist eine EXCEL-Datei anzufertigen, in der die messstellenspezifischen Abpumpvolumen (s. Gl. 2) als Funktion des Wasserstandes in der Grundwassermessstelle graphisch dargestellt werden
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- die zeitliche Aufnahme des Pumpenvolumenstroms, des Wasserspiegels in der GWMST und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen. Der Pumpenvolumenstrom ist so einzustellen, dass die Wasserspiegelabsenkung konstant ist ($\Delta h/\Delta t = 0$); s. Abb.3 im Anhang 4.1.1.1, S. 6); es ist die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/Jahr der Beprobung einzutragen)
- die zeitliche und auf die ausgetauschten Filtervolumen bezogene Aufnahme der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der

Durchflussmesszelle (on-Site; s. Abb. 1 und 2 im Anhang 4.1.1.1, S. 5; es ist die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/Jahr der Beprobung einzutragen)

- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Erstbeprobung/Erstcharakterisierung von GWMST erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für:
 - Wasserstand in der GWMST (vorher, nachher)
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
 - Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten GWMST
- Plausibilität der messstellenspezifisch eingestellten Förderleistung zur Wasserspiegelabsenkung
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung) und
- Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Literatur

- [1] Lehrbuch der Hydrogeologie Band 3: Geohydraulik; Busch, Luckner Tiemer; Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart; 1993; ISBN 3-443-01004-0

9 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Die Grundwasserprobennahme hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Erstbeprobung/Erstcharakterisierung Planung der Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung von Grundwassermessstellen gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben sowie den Ausbaudokumenten			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – bei aufschwimmender Phase ist die Verwendung eines Phasenschöpfers zur Entfernung der aufschwimmenden fluiden Phase bzw. die Verwendung einer Verrohrung mit Folienabdichtung an der Unterseite für den geschützten Einbau der Grundwasserprobennahmetechnik einzuplanen – alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Forderungen anzufertigen – die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeitschutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß Leistungsbeschreibung.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß Leistungsbeschreibung mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen	1		

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für Erstbeprobung (Ausbauzustand)

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobenahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumater- ial	GWL	kf-Wert (m/s)	Tiefe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations- verdacht	Bemerkung
.....											
.....											
.....											
.....											

VTB: verrohrte Trockenbohrung
 VR: Vollrohr
 GWL: Grundwasserleiter
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
 FR: Filterrohr
 KK: Kiesklebefilter
 W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

- 1): kf-Wert aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert

2): kf-Wert aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)

3): kf-Wert aus einer Sieblinie ermittelter Wert

4): kf-Wert auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert

5): kf-Wert aus slug & bail Test

GWM-E: Einzelmessstelle

GWM-G: Messstellengruppe

GWM-B: Messstellenbündel

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobenahme: Angaben zur Probenahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Qp (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	Abpump- zeit (min)	Absenkung (m)	V _F (Liter)	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen
									
									
									
.....									

Qp: Pumpenförderleistung
 R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Wasservolumen

Beispiel

PROBENNAHMEPROTOKOLL - Grundwasser

Datum: Uhrzeit: Proben-Nr.:

Objekt: Auftr.geber:

Messstelle: sonstige Nr.:

Lage: RW: HW:

Kartengrundlage: TK 25: TK 10:

Art der Messstelle: ☐ Ausfüllvorschrift ☐ Einfach-messst.: (x) ☐ Messst.-gruppe (o/m/u) ☐ Messst.-bündel: (o/m/u) ☐ Vertikalfilterbrunnen (x) ☐ Schachtbrunnen (x) ☐ Sonder-Messstelle (x)

Messpunkt: [m ü. NN] [m ü. GOK] Ausbau-Ø [cm]:
Ausbaumaterial:

Filterlage: FOK: [m u. MP] FUK: [m u. MP]

Teufe der Messstelle: Soll: [m u. MP] Ist: [m u. MP]

nur bei 3x Abpumpen:	Datum	GW-Spiegel [m u. MP]
1.Tag		
2.Tag		
3.Tag		

Grundwasserstand: vor PN: [m u. MP] bei PN: [m u. MP]

Beprobter Bereich: ☐ Mischwasser ☐ Entnahmetiefe ☐ oberer Bereich ☐ mittlerer Bereich ☐ unterer Bereich

Art der Probennahme: ☐ Doppelkolbenp. ☐ Kreiselpumpe ☐ Membranp. ☐ aus Zapfhahn ☐ Saugen ☐ Schöpfen

Abpumpen: Förderstrom [l/min] Dauer [min] Volumen [m³]

Sofortanalytik: Luft-Temp. [°C] GW-Temp. [°C] pH-Wert el. Leitf. [µS/cm] O₂ [mg/l] Redoxpot. [mV]

K_{B 8,2} = ml 0,1 M NaOH K_{S 4,3} = ml 0,1 M HCL

Wahrnehmungen an der Probe: Färbung: farblos ☐ weiß ☐ grau ☐ gelb ☐ braun ☐
Trübung: keine ☐ schwach ☐ mittel ☐ stark ☐
Geruch: ohne ☐ aromatisch ☐ faulig ☐ jauchig ☐ chemisch ☐
Ausgasung: ☐ ja ☐ nein Bodensatz: ☐ ja ☐ nein n. Chlor ☐ n. Min.öl ☐

Probengefäß: Glasflasche: ☐ hell ☐ dunkel Kunststoffflasche: ☐ H₂S-Flasche: ☐
Headspace:

Konservierung: Datum Uhrzeit

Probentransport/-lagerung Kühlbox: ☐ Kühltank: ☐ Übergabe Labor:

Bemerkungen:

Institution (Stempel)

Unterschrift

Probennahmeprotokoll

Objekt:	
Datum:	
Probennehmer:	
Bemerkungen:	

[illegible]

Redoxpotential

	mV	°C		mV	mV	mV		mV
Nullwert (Redoxpuffer)			Abweichung vom Sollwert		Messwert (Ag/AgCl)		Endwert	

$k_{B\ 8,2}$	=	pH_0	+	ml 0,1 M NaOH

$k_{S\ 4,3}$	=	pH_0	+	ml 0,1 M HCl

Fe (II)-Schnelltest:	mg/l	Fe (II)-Verdünnung: 1 :

Prüfung

[illegible]

Anhang 5.1.2

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

**aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und
Messstellenbündeln**

- Routinebeprobung -

(hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstelle,
Messstellengruppen und Messstellenbündel
- Routinebeprobung -
(hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Planung der Routinebeprobung	4
3	Grundwasserprobennahme	5
3.1	Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen.....	5
3.2	Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln	8
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	8
5	Tagesberichte	8
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	9
7	Abnahme der Leistungen	10
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	11

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter - Routinebeprobung - unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter).

Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Als hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle (GWMST) bei einer Pumpenförderleistung von $>2 \text{ l/min}$ ein konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t = 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Grundwasserprobennahme - Routinebeprobung - von GWMST bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des AN. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Fahrtkosten, Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie die Übergabe der Messprotokolle und Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumpteknik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.2) enthält alle für die Durchführung der Routineprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenart - Angegeben wird, ob es sich um eine Einzelmessstelle, Messstellengruppe oder Messstellenbündel handelt
- Messstellenbezeichnung - Jede Grundwassermessstelle (GWMST) besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - Sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - Der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums. Seine Angabe erfolgt in mm, bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:

VTB:	verrohrte Trockenbohrung
VTB+K:	verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
VSb:	verrohrte Spülbohrung
VSb+K:	verrohrte Spülbohrung mit Kernung

Das Bohrverfahren ist eine wesentliche Grundlage zur qualitativen Bewertung der hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten.

- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - Der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben, bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:
VR: Vollrohr
FR: Filterrohr
wobei das verwendete Material hinzugefügt wird.
- Grundwasserleiter - Der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Erkundungsmethodik angegeben.
- Grundwasserstand - Eingetragen wurde der Wasserstand, für den das hydraulische Abbruchkriterium ermittelt wurde.
- Tiefe - Die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m.
- Filterlage - Aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohroberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen.
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten.
- Bemerkungen - Mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.2) enthaltenen Vorgaben sind bei der Probennahme einzuhalten. Folgende Bezeichnungen sind vom AN einzutragen:

- Messstellenart
- Messstellenbezeichnung - jede Grundwassermessstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Pumpenförderleistung (Q_P) - die während der Abpump- und Probennahmephase zunächst einzustellende Pumpenförderleistung wird in l/min angegeben; im Rahmen der Probennahme kann es jedoch erforderlich sein, die Pumpenförderleistung zu reduzieren, um die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle mit einer max. Abweichung von ± 5 cm einhalten zu können
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe
- Abpumpzeit - die Abpumpzeit ist die Summe aus der Zeit, die bei der angegebenen Pumpenförderleistung erforderlich ist, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren; je nach der real erzielbaren Pumpenförderleistung kann sich die Abpumpzeit auch verringern bzw. erhöhen
- Abzupumpendes Filtervolumen - das abzupumpende Filtervolumen ist unbedingt einzuhalten, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren, sie ist bei jeder Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Absenkung - die Absenkung (s) ist bei jeder Probenahme als Funktion der Zeit aufzunehmen; sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Absenkung mehr als $\pm 5\%$ betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprünglich angegebene Absenkung erreicht wird; die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (VF) unter Anwendung der Gleichung $t_A = VF / Q_P$ zu verlängern, dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte
- R-GWMST - Reihenfolge der GWMST-Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmenden Phase zu messen sind.

2 Planung der Routinebeprobung

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl.(1):

$$t_{PN} = \frac{V_F}{Q_P} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN}	Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]
V_F	Abzupumpendes Filtrervolumen entsprechend Tabelle 1b
Q_P	Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe entsprechend Tabelle 1b[l/min]
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probenahme- und Messtechnik [min]

Die Kostenplanung für die Entsorgung des kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage des in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.2) angegebenen abzupumpenden Filtrervolumens. GWMST, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend sollten an einem Tag nur Grundwassermessstellen in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt werden. Die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium sollte auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet werden.

3 Grundwasserprobennahme

3.1 Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der GWMST aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei Grundwassermessstellen mit einer aufschwimmenden Phase ist die Grundwasserprobennahme mit einer Schutzverrohrung durchzuführen. Im Angebot ist die vom AN Verfahrensweise für eine Grundwasserprobennahme mit Schutzverrohrung detailliert anzugeben.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Wird weiterhin festgestellt, dass sich der Wasserstand in der GWMST im Vergleich zu dem in der Tabelle 1b eingetragenen verändert hat, so ist das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpende

Filtervolumen gemäß Gl. (2) zu berechnen. Weicht das Ergebnis um mehr als $\pm 10\%$ von dem in Tabelle 1b enthaltenen Wert ab, so ist der neu ermittelte Wert für das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpende Wasser (V_F) zu verwenden.

$$V_F = 1,5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{BL}^2 \cdot L_F \quad (2)$$

V_F 1,5-fache Filtervolumen [m^3]

L_F Länge der Filterschüttung (s. Abb. 1) [m]

d_{BL} Durchmesser der Bohrung (s. Tabelle 1a) [m]

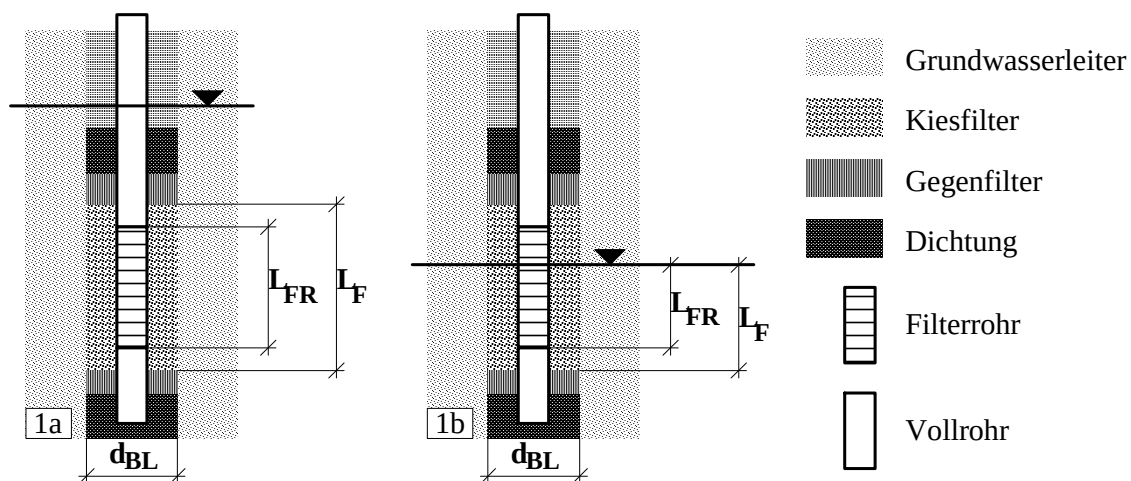


Abb. 1: Schematisierte Darstellung des Ausbaus einer Grundwassermessstelle

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b enthaltenen Angabe (Entnahmetiefe) einzubauen. Nur bei einer im Vergleich zu der in Tabelle 1b angegebenen tieferen Wasserspiegellage ist diese entsprechend Gl. (4) anzupassen.

Liegt der Wasserspiegel im Bereich des Filters der GWMST, so errechnet sich die Einbautiefe der Probennahmetechnik aus Gleichung (4):

$$Z_{Pt} = Z_W + Z_{PA} + 1m \quad (4)$$

Z_{Pt} Einbautiefe der Grundwasserprobennahmetechnik in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_W Wasserspiegellage in m unter Rohroberkante der Grundwassermessstelle

Z_{PA} Prognostizierte Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle in m

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Fall eine Minstdistanz zur Teufe der Grundwassermessstelle von 1 m eingehalten werden muss (Vermeidung der Aufwirbelung von Trübstoffen aus dem Bereich des Messstellensumpfrohres bzw. -bodens).

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung eingestellt und der Wasserspiegel überwacht. Sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Absenkung mehr als ± 5 cm betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprüngliche, in der Tabelle 1b enthaltene Absenkung erreicht wird. Die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (V_F) unter Anwendung der Gleichung $t_A = V_F / Q_P$ zu verlängern.

Dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte, wobei gegebenenfalls eine erhöhte Absenkung zulässig ist, die jedoch stets 1 m geringer sein sollte als die Einbautiefe der Probennahmepumpe und im Normalfall nicht in den Filterbereich der GWMST reichen sollte.

Prinzipiell ist die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle konstant ($\Delta h/\Delta t=0$) einzustellen. Während der Abpumpphase sind bei Abpumpzeiten < 90 min alle 5 min bzw. bei Abpumpzeiten > 90 min alle 10 min zu notieren:

- Wasserspiegellage in der Grundwassermessstelle in m
- Pumpenförderleistung in l/min (entsprechend Messung, dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Sauerstoffelektrode in der Durchflussszelle)
- pH-Wert in der Durchflussszelle
- Elektrische Leitfähigkeit in der Durchflussszelle
- Sauerstoffkonzentration in der Durchflussszelle und
- Redoxspannung in der Durchflussszelle.

Zusätzlich erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der Grundwassermessstelle,
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme),
- Temperatur (Durchflussszelle),
- pH-Wert (Durchflussszelle),
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle),
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der GWMST und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Prinzipiell erfolgt die Entnahme jeder Grundwasserprobe:

- nach erreichtem hydraulischen Abbruchkriterium und
- mit der selben Pumpenförderleistung wie während der vorangehenden Abpumpphase, wobei das Abfüllen der Probenflaschen aus einem Bypass erfolgt, der vor der Durchflussszelle anzuordnen und auf einen Durchfluss von ca. 1 l/min einzustellen ist

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probenahme-Protokolls ist als Anlage beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit hoch mineralisierten Grundwässern können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden.

Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung solcher Grundwässer mit den mitzufüh-

renden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

3.2 Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln

In Ergänzung zu den unter 3.1 dargestellten Qualitätssicherungsmaßnahmen ist zusätzlich bei der Entnahme von Grundwasserproben aus Messstellenbündeln folgendes zu beachten bzw. durchzuführen.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung in der zu beprobenden Grundwassermessstelle eingestellt und der Wasserspiegel in allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre überwacht. Wird dabei festgestellt, dass in einer bzw. allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohr der Wasserspiegel ebenfalls unmittelbar abfällt, so ist das Messstellenbündel für eine prozessbezogene Überwachung, wie dem Monitored Natural Attenuation, nicht verwendbar. Zeitlich verzögerte Reaktionen der zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre sind durch den AN unter Beachtung der hydrogeologischen Verhältnisse zu bewerten.

Bei Messstellenbündel, die über mehrere Grundwasserleiter ausgebaut sind gilt, dass die zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre, die nicht beprobt werden keine Wasserspiegelabsenkung festgestellt werden darf. Ist dies jedoch der Fall, so ist vom AN der Rückbau der gesamte Messstelle sowie deren Neubau zu empfehlen.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in.
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters.
- Analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel.
- Analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der beprobten Grundwassermessstellen, an den Grundwassermessstellen festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform

- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der Grundwassermessstelle
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflusszelle)
 - pH-Wert (Durchflusszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflusszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflusszelle) und
 - Redoxspannung (Durchflusszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahmephase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit und der abgepumpten Filtervolumen (s. Anhang 4.1.1.1; S. 5 - 6)
 - Übergabe/ Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der GWMST
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
 - Interpretation der Daten hinsichtlich einer strömungsrichtungsorientierten Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit im Vergleich zu Altdaten (alle erforderlichen Daten werden vom Auftraggeber übergeben), einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- Die zeitliche Aufnahme des Pumpenvolumenstroms, des Wasserspiegels in der Grundwassermessstelle und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen. Der Pumpenvolumenstrom ist so einzustellen, dass die Wasserspiegelabsenkung konstant ist ($\Delta h/\Delta t = 0$; s. Abb.3 im Anhang 4.1.1.1, S. 6); es ist die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen).
- Die zeitliche und auf die ausgetauschten Filtervolumen bezogene Aufnahme der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redox-spannung und Sauerstoffgehalt in der

Durchflussmesszelle (on-Site; s. Abb. 1 und 2 im Anhang 4.1.1.1, S. 5; es ist die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen).

- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Routinebeprobung von GWMST erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
 - Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten Grundwassermessstellen
- Einhaltung der Wasserspiegelabsenkung (± 5 cm)
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung) und
- Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen entsprechend Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Routineprobennahme Planung der Grundwasserprobennahme gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – Bei aufschwimmender Phase ist die Verwendung eines Phasenschöpfers zur Entfernung der aufschwimmenden fluiden Phase bzw. die Verwendung einer Verrohrung mit Folienabdichtung an der Unterseite für den geschützten Einbau der Grundwasserprobennahmetechnik einzuplanen. – Alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeits-schutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß Leistungsbeschreibung.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß Leistungsbeschreibung mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen	1		

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Routinebeprobung
 (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.2)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für Routinebeprobung

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumateri- al	GWL	GW-Stand (m u. ROK)	Tiefe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations- verdacht	Bemerkung

GWL: Grundwasserleiter VTB: verrohrte Trockenbohrung VR: Vollrohr KK: Kiesklebefilter
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung FR: Filterrohr W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme: Angaben zur Probennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Qp (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	Abpump- zeit (min)	Absenkung (m)	V _F (Liter)	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen

Qp: Pumpenförderleistung R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Wasservolumen

Anhang 5.1.3

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

**aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und
Messstellenbündeln
- Erstbeprobung -
(hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)**

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen,
Messstellengruppen und Messstellenbündel
Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung
(hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Vorbereitung der Grundwasserprobennahme	5
3	Grundwasserprobennahme	6
3.1	Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen	6
3.2	Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln	8
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	8
5	Tagesberichte	9
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	10
7	Abnahme der Leistungen	10
8	Literatur	11
9	Teil-Musterleistungsverzeichnis	12

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter - Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung - unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter).

Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Als hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle (GWMST) bei einer Pumpenförderleistung von ca. 2 l/min keine konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t \neq 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Grundwasserprobennahme Erstbeprobung/Erstcharakterisierung von Grundwassermessstellen bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Fahrtkosten, Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie die Übergabe der Messprotokolle und Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumpteknik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) enthält alle für die Planung der Probennahme bei einer Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenart - angegeben wird, ob es sich um eine Einzelmessstelle, Messstellengruppe oder Messstellenbündel handelt
- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums, seine Angabe erfolgt in mm; bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:

VTB:	verrohrte Trockenbohrung
VTB+K:	verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
VSF:	verrohrte Spülbohrung
VSF+K:	verrohrte Spülbohrung mit Kernung

Das Bohrverfahren ist eine wesentliche Grundlage zur qualitativen Bewertung der hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten.

- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben. Bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:
 - VR: Vollrohr
 - FR: Filterrohrwobei das verwendete Material hinzugefügt wird
- Grundwasserleiter - der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Erkundungsmethodik angegeben
- k_f -Wert - bei den hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten (k_f -Wert in m/s) wird unterschieden in:
 - a) aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
 - b) aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
 - c) aus einer Sieblinie ermittelter Wert
 - d) auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert
 - e) aus einem Slug and Bail Test ermittelten Wert
- Tiefe - die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m
- Filterlage - aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohroberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind.

Die Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) ist bei einer Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung vom AN auf der Grundlage der Tabelle 1a messstellenspezifisch auszufüllen und dem AG vor Beginn der Arbeiten zur Prüfung vorzulegen. Folgende Bezeichnungen sind vom AN einzutragen:

- Messstellenart
- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe, sie ist vom AN zu ermitteln und bei der Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Abzupumpendes Filtervolumen - das abzupumpende Filtervolumen wird gemäß Gl. (2) ermittelt
- Absenkung - die Absenkung (s) ist auf der Grundlage der in Tabelle 1a enthaltenen Angaben so zu planen, dass weder das geometrische noch das hydraulische Suffusions- bzw. Erosionskriterium für den im Bereich des Messstellenfilters befindlichen Grundwasserleiter bzw. -geringleiter überschritten werden [1]
- n_A - Anzahl der Abpumptage, die gemäß Gl. (3) zu ermitteln ist, dabei sollte angestrebt werden, dass an drei aufeinander folgenden Tagen das abzupumpende Filtervolumen abgepumpt wird; bei lang verfilterten GWMST bzw. GWMST mit geringem wassergefüllten Innenrohr wird das Abpumpen an drei aufeinander folgenden Tagen festgelegt
- Probennahmezyklen - Anzahl der Probennahmen pro Jahr
- R-GWMST - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die GWMST angegeben, bei denen die Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmenden Phase zu messen sind. Bei diesen Messstellen ist eine Beprobung nicht möglich.

2 Vorbereitung der Grundwasserprobennahme

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Bei einer Erstbeprobung werden für die Angebotserarbeitung die voraussichtliche Schichtenfolge und der darauf begründete Ausbau der GWMST (Sollzustand) übergeben. Für die Planung der repräsentativen Grundwasserprobennahme erfolgt nach Abnahme der Grundwassergütemessstellen und Auftragserteilung die Übergabe der vorhandenen Ausbaudokumentation (Istzustand) durch den AG an den AN.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl.(1):

$$t_{PN} = t_{na} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN}	Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]
t_{na}	Gesamtzeit für das Abpumpen und die Probennahme
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik [min]

Ermittlung des Wasservolumens (V_F), das während der Abpumpphasen zu fördern ist, um die Einhaltung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums zu gewährleisten [Gl.(2)].

$$V_F = 1,0 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{BL}^2 \cdot L_F \quad (2)$$

V_F	1,0-faches Filtervolumen [m³]
L_F	Länge der Filterschüttung (s. Abb. 1) [m]
d_{BL}	Durchmesser der Bohrung (s. Tabelle 1a in Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) [m]

Die zulässige Absenkung (s) ist auf der Grundlage der in Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) enthaltenen Angaben so zu planen, dass weder das geometrische noch das hydraulische Suffosions- bzw. Erosionskriterium für den im verfilterten Messstellenbereich befindlichen Grundwasserleiter bzw. -geringleiter überschritten werden [1]. Auf dieser Grundlage ist die bei der Probennahme maximal zulässige Wasserspiegelabsenkung so vorzugeben, dass an drei aufeinander folgenden Tagen das abzupumpende Filtervolumen abgepumpt wird (s. Gl. (2) und (3)). Bei lang verfilterten Grundwassermessstellen bzw. GWMST mit geringem wassergefüllten Innenrohr wird das Abpumpen an drei aufeinander folgenden Tagen festgelegt.

Nach Möglichkeit sollte auch beachtet werden, dass sich die bei der zulässigen Wasserspiegelabsenkung einstellende Wasserspiegellage nicht im Filterrohr befindet. Dies ist jedoch keine zwingende For-

derung.

$$n_A = \frac{V_F \cdot 1000}{(Wsp_{\max} - Wsp_0) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{A,i}^2} \quad (3)$$

n_A	Anzahl der Abpumptage
V_F	1,0-faches Filtervolumen [Liter]
$Wsp_{\max}$	Wasserspiegellage bei max. zulässiger Wasserspiegelabsenkung in cm u.MP
Wsp_0	Ruhewasserspiegel in cm u.MP
$d_{A,i}$	Innendurchmesser des Messstellenausbaurohres in cm

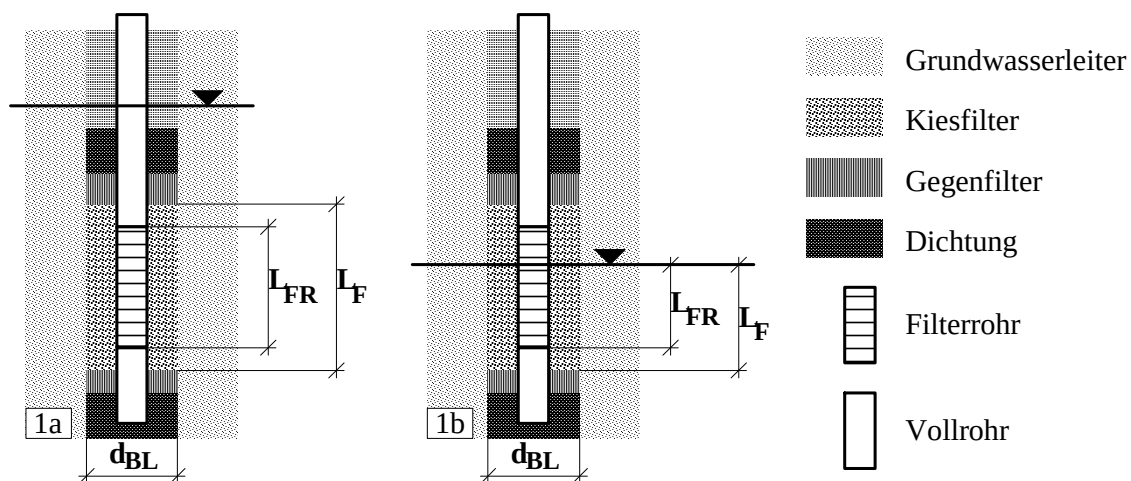


Abb. 1: Schematisierte Darstellung des Ausbaus einer Grundwassermessstelle

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der Gl. (2). GWMST, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden GWMST hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend sollten an einem Tag nur GWMST in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt werden. Die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium sollte auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet werden. Auf der Grundlage des prognostizierten messstellenspezifischen Zeitaufwandes, der für eine Grundwasserprobennahme erforderlich ist, ist zusätzlich die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST festzulegen. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

3 Grundwasserprobennahme

3.1 Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der GWMST aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern bzw. –geringleitern ist bei GWMST mit einer aufschwimmenden Phase eine Grundwasserprobennahme nicht möglich.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) enthaltenen Planungsergebnissen (Entnahmetiefe) einzubauen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Fall eine Minstdistanz zur Teufe der GWMST von 1 m eingehalten werden muss (Vermeidung der Aufwirbelung von Trübstoffen aus dem Bereich des Messstellensumpfrohrs bzw. -bodens).

Vor und nach dem an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen durchzuführenden Abpumpen der GWMST bis zur maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung (s. Tab. 1b) ist der Wasserspiegel zu messen und zu protokollieren. Sollte am zweiten bzw. dritten Tag festgestellt werden, dass sich der eingestellte Ruhewasserspiegel unterhalb des Wasserspiegels vom ersten Tag befindet, so ist unter Verwendung der Gl. (3) zu prüfen, ob das abzupumpende Filtervolumen dennoch erreicht wird.

Ist dies nicht der Fall, so ist unter Beachtung des geometrischen und hydraulischen Suffusions- bzw. Erosionskriteriums (s. Kap. 2, [1]) zu prüfen, ob die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung erhöht werden kann. Gegebenenfalls ist die Anzahl der aufeinander folgenden Abpumptage auf vier zu erhöhen. Sollte das ebenfalls nicht möglich sein, so ist dem AG der Ausbau der betreffenden GWMST mit einem stationär eingebauten Packer-Membranpumpensystem zu empfehlen.

Vor jedem Abpumpen ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der Planungsvorgabe (s. Tabelle 1b in Anlage 1 zum Anhang 5.1.3) einzubauen und die Messstelle bis zur geplanten maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung leer zu pumpen. Dieser Vorgang ist an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu wiederholen (z. B. Montag, Dienstag und Mittwoch) und am vierten darauf folgenden Tag ist die Grundwasserprobe mit einer Förderleistung von $Q_P \leq 1 \text{ l/min}$ zu entnehmen. Die Probenahme erfolgt, wenn das Totvolumen des Probennahmesystems bis zum Bypass dreimal ausgetauscht wurde. Abweichungen sind zu begründen.

Nach jedem Abpumpen wird der Wiederanstieg des Wasserspiegels am darauf folgenden Tag gemessen. Zwingende Voraussetzung für die Realisierbarkeit der Grundwasserprobennahme ist der Wiederanstieg über die Filterunterkante. Befindet sich der Wasserspiegel in der Messstelle 24 Stunden nach deren Leerung im Bereich der Filterunterkante, so gilt die Messstelle als trocken und wird nicht beprobt. Bei ausreichendem Zulauf des Frischwassers über die Filterunterkante innerhalb von 24 Stunden erfolgt die Gewinnung der Wasserprobe wie oben dargestellt.

Bei niedrigem Wasserstand bzw. geringem Wasservolumen in der Messstelle kann nach dreimaligem Abpumpen alternativ die Probenahme auch mit einem Schöpfer im Bereich der Filterstrecke erfolgen, wenn durch die Bauart des Schöpfers (vor und nach der Probenahme verschließbare Systeme, z.B. Ruttner-Schöpfer oder Schöpfer mit Fußventil) eine Beprobung möglich ist. Auf dem Probennahmeprotokoll ist der verwendete Schöpfertyp anzugeben. Unzulässig ist die Beprobung des im Sumpfrohr befindlichen Wassers.

Während der Probennahmephase erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der GWMST
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probenahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)

- pH-Wert (Durchflussszelle)
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der GWMST und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und visuellen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probennahmeprotokolls ist als Anlage 2 und 3 dem Anhang 5.1.1 beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit sehr hohen Werten der elektrischen Leitfähigkeit können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung mit den mitzuführenden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

3.2 Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln

In Ergänzung zu den unter 3.1 dargestellten Qualitätssicherungsmaßnahmen ist zusätzlich bei der Entnahme von Grundwasserproben aus Messstellenbündeln folgendes zu beachten bzw. durchzuführen.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung in der zu beprobenden GWMST eingestellt und der Wasserspiegel in allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohren überwacht. Wird dabei festgestellt, dass in einer bzw. allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohren der Wasserspiegel ebenfalls unmittelbar abfällt, so ist das Messstellenbündel für eine prozessbezogene Überwachung, wie dem Monitored Natural Attenuation, nicht verwendbar. Zeitlich verzögerte Reaktionen der zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre sind durch den AN unter Beachtung der hydrogeologischen Verhältnisse zu bewerten.

Bei Messstellenbündel, die über mehrere Grundwasserleiter ausgebaut sind gilt, dass die zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre, die nicht beprobt werden keine Wasserspiegelabsenkung zeigen dürfen. Ist dies jedoch der Fall, so ist vom AN der Rückbau der gesamte Messstelle sowie deren Neubau zu empfehlen.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in

- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom AN auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem AG zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der abgepumpten und beprobten Grundwassermessstellen, an den Grundwassermessstellen festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der Grundwassermessstelle
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
 - Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber).

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahmephase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit (s. Anhang 4.1.1.1; S. 5 - 6).
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße

Festlegung der im Rahmen der Routinebeprobung einzuhaltenden Probennahmenvorgaben. Bei GWMST mit großen Grundwasserspiegelschwankungen ist eine EXCEL-Datei anzufertigen, in der die messstellenspezifischen Abpumpvolumen (s. Gl. 2) als Funktion des Wasserstandes in der Grundwassermessstelle graphisch dargestellt werden.

4. Zusammenfassung

- Beprobbarkeit der GWMST
- Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/ Reparaturleistungen
- Empfehlungen für den Ausbau von GWMST mit einem stationär eingebauten Packer-Membranpumpensystem

5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- die zeitliche Aufnahme des Pumpenvolumenstroms, des Wasserspiegels in der GWMST und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen
- die zeitliche Auswertung der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der Durchflussmesszelle (es sind die Bezeichnung der GWMST sowie Monat/Jahr der Beprobung einzutragen)
- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Erstbeprobung/Erstcharakterisierung von GWMST erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle
- Einhalten der Abpumpkriterien
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST (vorher, nachher)
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflusszelle)
 - pH-Wert (Durchflusszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflusszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflusszelle)
 - Redoxspannung (Durchflusszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten GWMST
- Plausibilität der messstellenspezifisch eingestellten Förderleistung zur Wasserspiegelabsenkung
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)

- Einhaltung der Abpumpkriterien, einschl. Anzahl der Abpumptage
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung)
- der Entsorgungsnachweis für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Literatur

- [1] Lehrbuch der Hydrogeologie Band 3: Geohydraulik; Busch, Luckner Tiemer; Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart; 1993; ISBN 3-443-01004-0

9 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Die Grundwasserprobennahme hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung Planung der Erstbeprobung bzw. Erstcharakterisierung von Grundwassermessstellen gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben sowie den Ausbaudokumenten			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen gemäß Leistungsbeschreibung mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte. – Alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeitschutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß Leistungsbeschreibung.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß Leistungsbeschreibung mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen			

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.3)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für Erstbeprobung (Ausbauzustand) für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Meßstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumater- ial	GWL	kf-Wert (m/s)	Tiefe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations- verdacht	Bemerkung

GWL: Grundwasserleiter VTB: verrohrte Trockenbohrung VR: Vollrohr KK: Kiesklebefilter
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung FR: Filterrohr W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

- 1): kf-Wert aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
- 2): kf-Wert aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
- 3): kf-Wert aus einer Sieblinie ermittelter Wert
- 4): kf-Wert auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert
- 5): kf-Wert aus slug & bail Test

GWM-E: Einzelmessstelle
 GWM-G: Messstellengruppe
 GWM-B: Messstellenbündel

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme: Angaben zur Probennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Qp (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	V _F (Liter)	zulässige Absenkung (m)	n _A	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen

R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Wasservolumen

Anhang 5.1.4

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

**aus Einzelmessstellen, Messstellengruppen und
Messstellenbündeln**

- Routinebeprobung -

(hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen,
Messstellengruppen und Messstellenbündel
- Routinebeprobung -
(hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)**

Stand 10/2009

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Vorbereitung der Grundwasserprobennahme	4
3	Grundwasserprobennahme	5
3.1	Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen	5
3.2	Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln	7
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	7
5	Berichte	7
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	8
7	Abnahme der Leistungen	9
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	10

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch gering ergebige Grundwasserleiter - Routinebeprobung - unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter).

Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Als hydraulisch gering ergebige Grundwasserleiter werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle (GWMST) bei einer Pumpenförderleistung von ca. 2 l/min keine konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t \neq 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Grundwasserprobennahme „Routinebeprobung“ von Grundwassermessstellen (GWMST) bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Fahrtkosten, Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie die Übergabe der Messprotokolle und Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumpteknik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) enthält alle für die Durchführung der Routineprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenart - Angegeben wird, ob es sich um eine Einzelmessstelle, Messstellengruppe oder Messstellenbündel handelt
- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums, seine Angabe erfolgt in mm; bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:

VTB:	verrohrte Trockenbohrung
VTB+K:	verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
VSb:	verrohrte Spülbohrung
VSb+K:	verrohrte Spülbohrung mit Kernung

- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben; bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:
VR: Vollrohr
FR: Filterrohr
wobei das verwendete Material hinzugefügt wird
- Grundwasserleiter - der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Untersuchungsmethodik angegeben
- Grundwasserstand - Eingetragen wird der Wasserstand, für den das hydraulische Abbruchkriterium ermittelt wurde
- Tiefe - die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m
- Filterlage - aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohroberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenerkundung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind. Bei diesen Messstellen ist eine Beprobung nicht möglich.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) enthaltenen Vorgaben sind bei der Probennahme einzuhalten. Folgende Bezeichnungen sind vom AN einzutragen:

- Messstellenart - Angegeben wird, ob es sich um eine Einzelmessstelle, Messstellengruppe oder Messstellenbündel handelt
- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe, sie ist vom AN zu ermitteln und bei der Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Abzupumpendes Filtervolumen - das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpende Filtervolumen
- Absenkung - die Absenkung (s) ist im Rahmen des Abpumpens einzuhalten
- n_A - Anzahl der Abpumptage, die an aufeinander folgenden Tagen einzuhalten sind
- Probennahmezyklen - Anzahl der Probennahmen pro Jahr
- R-GWMST - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind. Bei diesen Messstellen ist eine Beprobung nicht möglich.

2 Vorbereitung der Grundwasserprobennahme

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl. (1):

$$t_{PN} = t_{na} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN} Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]

t_{nA}	Gesamtzeit für das Abpumpen und die Probennahme
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik [min]

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) enthaltenen Filtervolumen, die vor der Grundwasserprobennahme abzupumpen sind. Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) zu entnehmen.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) enthaltene Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend werden an einem Tag nur GWMST in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt. Die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST wurde so festgelegt, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium wurde auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet.

3 Grundwasserprobennahme

3.1 Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der GWMST aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern bzw. –geringleitern ist bei GWMST mit einer aufschwimmenden Phase eine Grundwasserprobennahme nicht möglich.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b enthaltenen Festlegungen einzubauen.

Vor und nach dem an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen durchzuführenden Abpumpen der Grundwassermessstelle bis zur maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung (s. Tab. 1b, Anlage 1 zum Anhang 5.1.4) ist der Wasserspiegel zu messen und zu protokollieren.

Vor jedem Abpumpen ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der Vorgabe (s. Tabelle 1b) einzubauen und die Messstelle bis zur maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung leer zu pumpen. Dieser Vorgang ist an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu wiederholen (z. B. Montag, Dienstag und Mittwoch) und am vierten darauf folgenden Tag die Grundwasserprobe mit einer Förderleistung

von $Q_p \leq 1 \text{ l/min}$ zu entnehmen. Die Probennahme erfolgt, wenn das Totvolumen des Probennahmesystems bis zum Bypass dreimal ausgetauscht wurde. Abweichungen sind zu begründen.

Nach jedem Abpumpen wird der Wiederanstieg des Wasserspiegels am darauf folgenden Tag gemessen. Zwingende Voraussetzung für die Realisierbarkeit der Grundwasserprobennahme ist der Wiederanstieg über die Filterunterkante. Befindet sich der Wasserspiegel in der Messstelle 24 Stunden nach deren Leerung im Bereich der Filterunterkante, so gilt die Messstelle als trocken und wird nicht beprobt. Bei ausreichendem Zulauf des Frischwassers über die Filterunterkante innerhalb von 24 Stunden erfolgt die Gewinnung der Wasserprobe wie oben dargestellt.

Bei niedrigem Wasserstand bzw. geringem Wasservolumen in der Messstelle kann nach dreimaligem Abpumpen alternativ die Probennahme auch mit einem Schöpfer im Bereich der Filterstrecke erfolgen, wenn durch die Bauart des Schöpfers (vor und nach der Probennahme verschließbare Systeme, z.B. Ruttner-Schöpfer oder Schöpfer mit Fußventil) eine Beprobung möglich ist. Auf dem Probennahmeprotokoll ist der verwendete Schöpfertyp anzugeben. Unzulässig ist die Beprobung des im Sumpfrohr befindlichen Wassers.

Während der Probennahmephase erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der Grundwassermessstelle
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)
- pH-Wert (Durchflussszelle)
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der GWMST und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und visuellen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probennahme-Protokolls ist als Anlage 2 und 3 dem Anhang 5.1.1 beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit sehr hohen Werten der elektrischen Leitfähigkeit können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung mit den mitzuführenden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

3.2 Grundwasserprobennahme aus Messstellenbündeln

In Ergänzung zu den unter 3.1 dargestellten Qualitätssicherungsmaßnahmen ist zusätzlich bei der Entnahme von Grundwasserproben aus Messstellenbündeln folgendes zu beachten bzw. durchzuführen.

Zu Beginn der **Abpumpphase** wird die geplante Pumpenförderleistung in der zu beprobenden Grundwassermessstelle eingestellt und der Wasserspiegel in allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohren überwacht. Wird dabei festgestellt, dass in einer bzw. allen zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohr der Wasserspiegel ebenfalls unmittelbar abfällt, so ist das Messstellenbündel dem AG schriftlich als defekt anzuzeigen. Zeitlich verzögerte Reaktionen der zum Messstellenbündel gehörenden Messstellenrohre sind durch den AN unter Beachtung der hydrogeologischen Verhältnisse zu bewerten.

Bei Messstellenbündel, die über mehrere Grundwasserleiter ausgebaut sind, gilt, dass die zum Messstellenbündel dazugehörenden Messstellenrohre, die nicht beprobt werden, keine Wasserspiegelabsenkung zeigen dürfen. Ist dies jedoch der Fall, so ist dieser Umstand dem AG schriftlich anzuzeigen.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in.
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters.
- Analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel.
- Analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Berichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der abgepumpten und beprobten GWMST, an den GWMST festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für:
 - Wasserstand in der Grundwassermessstelle

- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)
- pH-Wert (Durchflussszelle)
- elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
- Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahmephase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit (s. Anhang 4.1.1.1; S. 5 - 6).
 - Übergabe/ Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der GWMST
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- die zeitliche Aufnahme des Pumpvolumenstroms, des Wasserspiegels in der GWMST und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen
- die zeitliche Auswertung der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der Durchflussmesszelle (es sind die Bezeichnung der GWMST sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen)
- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Routinebeprobung von Grundwassermessstellen erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle
- Einhalten der Abpumpkriterien
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST (vorher, nachher)
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
 - Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten GWMST
- Plausibilität der messstellenspezifisch eingestellten Förderleistung zur Wasserspiegelabsenkung
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Abpumpkriterien, einschl. Anzahl der Abpumptage
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/ Redoxspannung)
- der Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Die Grundwasserprobennahme hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Routineprobennahme Planung der Routineprobennahme von Grundwassermessstellen gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen gemäß LB mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte. – Alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeitschutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen			

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Routinebeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.4)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für Routinebeprobung für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumateri- al	GWL	GW-Stand (m u. ROK)	Tiefe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations- verdacht	Bemerkung

VTB: verrohrte Trockenbohrung
 GWL: Grundwasserleiter
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
 VR: Vollrohr
 FR: Filterrohr
 KK: Kiesklebefilter
 W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

- 1): kf-Wert aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
- 2): kf-Wert aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach Darcy (DIN 18 130)
- 3): kf-Wert aus einer Sieblinie ermittelter Wert
- 4): kf-Wert auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert

GWM-E: Einzelmessstelle
 GWM-G: Messstellengruppe
 GWM-B: Messstellenbündel

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme: Angaben zur Probennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Q _p (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	V _F (Liter)	zulässige Absenkung (m)	n _A	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen

R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzapfendes Wasservolumen

Anhang 5.1.5

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

Sonderprobennahme - druckhaltende Schöpfer
(hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und
Messstellengruppen mit druckhaltenden Schöpfern
Sonderprobennahme
für hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Planung der Probennahme	5
3	Durchführung der Grundwasserprobenahme	5
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	8
5	Tagesberichte	8
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	9
7	Abnahme der Leistungen	10
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	11

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter mit druckhaltenden Schöpfern unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen.

Als hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter (GWL) werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle (GWMST) bei einer Pumpenförderleistung von $> 2 \text{ l/min}$ ein konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t = 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Grundwasserprobennahme von Grundwassermessstellen mit druckhaltenden Schöpfern bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nach-AN (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des Auftraggebers (AG) abzugleichen.

Die Fahrtkosten, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form, die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumpteknik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthält alle für die Durchführung der Sonderprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums, seine Angabe erfolgt in mm; bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:

VTB:	verrohrte Trockenbohrung
VTB+K:	verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
VSF:	verrohrte Spülbohrung
VSF+K:	verrohrte Spülbohrung mit Kernung

- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben; bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:

VR:	Vollrohr

FR: Filterrohr

wobei das verwendete Material hinzugefügt wird

- Grundwasserleiter - der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Erkundungsmethodik angegeben
- Grundwasserstand - Eingetragen wird der Wasserstand, für den das hydraulische Abbruchkriterium ermittelt wurde
- Tiefe - die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m
- Filterlage - aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohroberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthaltenen Vorgaben sind bei der Probennahme einzuhalten.

Folgende Vorgaben sind enthalten:

- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Pumpenförderleistung (Q_P) - die während der Abpump- und Probennahmephase zunächst einzustellende Pumpenförderleistung wird in l/min angegeben; im Rahmen der Probennahme kann es jedoch erforderlich sein, die Pumpenförderleistung zu reduzieren, um die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung in der GWMST mit einer max. Abweichung von ± 5 cm einhalten zu können
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe
- Abpumpzeit - die Abpumpzeit ist die Summe aus der Zeit, die bei der angegebenen Pumpenförderleistung erforderlich ist, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren; je nach der real erzielbaren Pumpenförderleistung kann sich die Abpumpzeit auch verringern bzw. erhöhen
- Abzupumpendes Filtervolumen - das abzupumpende Filtervolumen ist unbedingt einzuhalten, um das hydraulische Abbruchkriterium zu garantieren; es ist bei jeder Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Absenkung (s) - die Absenkung ist bei jeder Probennahme als Funktion der Zeit aufzunehmen, sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Absenkung mehr als ± 5 cm betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprüngliche, in der Tabelle 1b angegebene Absenkung erreicht wird; die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (V_F) unter Anwendung der Gleichung $t_A = V_F / Q_P$ zu verlängern, dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte
- Druckhaltender Schöpfer - der druckhaltende Schöpfer, der bei der Probennahme anzuwenden ist
- Vordruck - vor der Probennahme im Probengefäß des druckhaltenden Schöpfers einzustellender Vordruck
- R-GWMST - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (**L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind.

2 Planung der Probennahme

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl. (1):

$$t_{PN} = \frac{V_F}{Q_P} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN}	Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]
V_F	Abzupumpendes Filtrervolumen entsprechend Gl.(2) [l]
Q_P	Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe entsprechend Gl.(3) [l/min]
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik [min]

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der Gl. (2). Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) zu entnehmen.

Die in Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthaltene Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden GWMST hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend werden an einem Tag nur GWMST in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt. Die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST ist so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium wurde auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet.

3 Durchführung der Grundwasserprobennahme

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der GWMST aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei GWMST mit einer aufschwimmenden Phase ist die Grundwasserprobennahme mit einer Schutzverrohrung durchzuführen. Im Angebot ist die vom AN vorgesehene Verfahrensweise für eine Grundwasserprobennahme mit Schutzverrohrung detailliert anzugeben.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Wird weiterhin festgestellt, dass sich der Wasserstand in der GWMST im Vergleich zu dem in der Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) eingetragenen verändert hat, so ist das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpende Filtervolumen gemäß Gl. (2) zu berechnen. Weicht das Ergebnis um mehr als $\pm 10\%$ von dem in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthaltenen Werts ab, so ist der neu ermittelte Wert für das vor der Grundwasserprobennahme abzupumpende Wasser (V_F) zu verwenden.

$$V_F = 1,5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{BL}^2 \cdot L_F \quad (2)$$

V_F 1,5-fache Filtervolumen [m^3]

L_F Länge der Filterschüttung (s. Abb. 1) [m]

d_{BL} Durchmesser der Bohrung (s. Tabelle 1a, Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) [m]

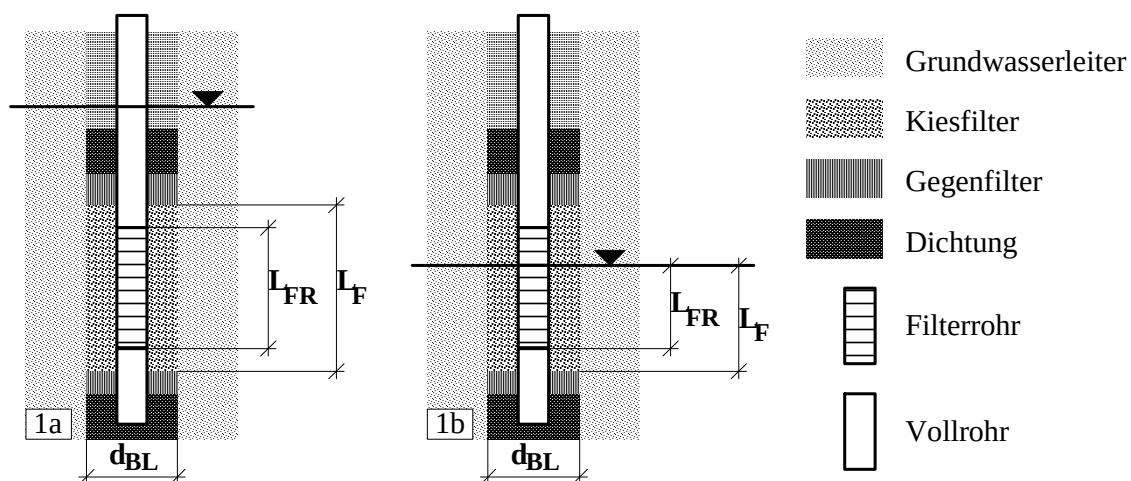


Abb. 1: Schematisierte Darstellung des Ausbaus einer Grundwassermessstelle

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthaltenen Angabe (Entnahmetiefe) einzubauen. Bei einem im Vergleich zu der in Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) angegebenen Wasserspiegellage tieferen Grundwasserstand ist diese entsprechend Gl. (4) anzupassen.

$$Z_{Pt} = Z_W + Z_{PA} + 1m \quad (4)$$

Z_{Pt} Einbautiefe der Grundwasserprobennahmetechnik in m unter Rohroberkante der GWMST

Z_W Wasserspiegellage in m unter Rohroberkante der GWMST

Z_{PA} Prognostizierte Wasserspiegelabsenkung in der GWMST in m

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Fall eine Minstdistanz zwischen dem unterhalb der Pumpe anzuordnenden druckhaltenden Schöpfer zur Tiefe der GWMST von 1 m eingehalten werden muss (Vermeidung der Aufwirbelung von Trübstoffen aus dem Bereich des Messstellensumpfrohrs bzw. -bodens).

Die Anordnung des druckhaltenden Schöpfers unmittelbar unterhalb der Grundwasserprobennahmepumpe ist stets einzuhalten. Bei GWMST mit einem Innendurchmesser von $\geq 4''$ ist der druckhaltende

Schöpfer in dem verlängerten Kühlmantel der Grundwasserprobennahmepumpe unmittelbar unterhalb der Pumpe einzubauen. Dadurch wird eine zur Pumpprobe vergleichbare Probe im druckhaltenden Schöpfer ermöglicht.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung eingestellt und der Wasserspiegel überwacht. Sollte bei der vorgegebenen Pumpenleistung die Abweichung von der geplanten Absenkung mehr als ± 5 cm betragen, so ist die Pumpenförderleistung soweit zu reduzieren, bis die ursprüngliche, in der Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5) enthaltene Absenkung erreicht wird. Die Abpumpzeit (t_A) ist entsprechend des abzupumpenden Filtervolumens (V_F) unter Anwendung der Gleichung $t_A = V_F / Q_P$ zu verlängern.

Dabei ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Abpumpzeit mindestens 30 Minuten bis ca. 2 h betragen sollte, wobei gegebenenfalls eine erhöhte Absenkung zulässig ist, die jedoch stets 1m geringer sein sollte als die Einbautiefe der Probennahmepumpe und im Normalfall nicht in den Filterbereich der GWMST reichen sollte.

Prinzipiell ist die vorgegebene Wasserspiegelabsenkung in der GWMST konstant ($\Delta h/\Delta t=0$) einzustellen. Während der Abpumpphase sind bei Abpumpzeiten < 90 min alle 5 min bzw. bei Abpumpzeiten > 90 min alle 10 min zu notieren:

- Wasserspiegellage in der GWMST in m
- Pumpenförderleistung in l/min (entsprechend Messung, dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme)
- Temperatur (Sauerstoffelektrode in der Durchflusszelle)
- pH-Wert in der Durchflusszelle
- Elektrische Leitfähigkeit in der Durchflusszelle
- Sauerstoffkonzentration in der Durchflusszelle und
- Redoxspannung in der Durchflusszelle.

Zusätzlich erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der GWMST,
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme),
- Temperatur (Durchflusszelle),
- pH-Wert (Durchflusszelle),
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflusszelle),
- Sauerstoffkonzentration (Durchflusszelle) und
- Redoxspannung (Durchflusszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der GWMST und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Prinzipiell erfolgt die Entnahme jeder Grundwasserprobe:

- nach erreichtem hydraulischen Abbruchkriterium und
- mit der selben Pumpenförderleistung wie während der vorangehenden Abpumpphase, wobei das Abfüllen der Probengefäße:

- in situ: durch Betätigung des Befüllungsmechanismus des druckhaltenden Schöpfers und gleichzeitig
- on site: aus einem Bypass erfolgt, wobei der Bypass vor der Durchflussszelle anzuordnen und auf einen Durchfluss von ca. 1 l/min einzustellen ist.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probennahmeprotokolls ist als Anlage 2 und 3 dem Anhang 5.1.1 beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit hoch mineralisierten Grundwässern können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung mit den mitzuführenden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren. Unmittelbar nach dem Ausbau der Probennahmetechnik erfolgt die Entnahme des druckhaltenden Probengefäßes aus dem Schöpfer sowie dessen geschlossener und gekühlter Transport in das Labor.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben
- Messung des in den druckhaltenden Probengefäßen des Schöpfers gemessenen Innendrucks.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom AN auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der beprobten Grundwassermessstellen, an den Grundwassermessstellen festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform

- Probennahmeprotokolle,
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflusszelle)
 - pH-Wert (Durchflusszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflusszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflusszelle)
 - Redoxspannung (Durchflusszelle)
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber).

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahmephase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit und der abgepumpten Filtervolumen (s. Anhang 4.1.1.1; S. 5 - 6)
 - Übergabe/ Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der GWMST
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
 - Interpretation der Daten hinsichtlich des Analysenvergleiches zwischen druckhaltenden Schöpfer und Pumpprobe, einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen.
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- Die zeitliche Aufnahme des Pumpenvolumenstroms, des Wasserspiegels in der Grundwasser-messstelle und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen. Der Pumpenvolumenstrom ist so einzustellen, dass die Wasserspiegelabsenkung konstant ist ($\Delta h/\Delta t = 0$; es ist die Bezeichnung der GWMST sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen).
- Die zeitliche und auf die ausgetauschten Filtervolumen bezogene Aufnahme der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der

Durchflusssmesszelle (es ist die Bezeichnung der GWMST sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen).

- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Sonderprobennahme mit druckhaltenden Schöpfern aus Grundwassermessstellen erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle,
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST (vorher, nachher)
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
 - Redoxspannung (Durchflussszelle)
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten GWMST
- Einhaltung der Wasserspiegelabsenkung (± 5 cm)
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung)
- Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Die Grundwasserprobennahme – Sonderprobennahme mit druckhaltenden Schöpfern - hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Sonderprobennahme Planung der Grundwasserprobennahme gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte und unter Verwendung des in Tabelle 1b der LB angegebenen druckhaltenden Schöpfers – Bei aufschwimmender Phase ist die Verwendung eines Phasenschöpfers zur Entfernung der aufschwimmenden fluiden Phase bzw. die Verwendung einer Verrohrung mit Folienabdichtung an der Unterseite für den geschützten Einbau der Grundwasserprobennahmetechnik einzuplanen. – Alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeitsschutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen			

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Sonderprobennahme (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.5)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für die Sonderprobennahme mit druckhaltendem Schöpfer für hydraulisch ergiebige Grundwasserleiter

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumateri- al	GWL	GW-Stand (m u. ROK)	Tiefe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations- verdacht	Bemerkung

GWL: Grundwasserleiter
 VTB: verrohrte Trockenbohrung
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
 VR: Vollrohr
 FR: Filterrohr
 KK: Kiesklebefilter
 W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

- 1): kf-Wert aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
- 2): kf-Wert aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
- 3): kf-Wert aus einer Sieblinie ermittelter Wert
- 4): kf-Wert auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert

GWM-E: Einzelmessstelle
 GWM-G: Messstellengruppe
 GWM-B: Messstellenbündel

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme: Angaben zur Probennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Qp (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	Abpump- zeit (min)	Absenkung (m)	V _F (Liter)	DS/ VD in mbar	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen

Qp: Pumpenförderleistung
 R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Wasservolumen
 DS: Druckhaltender Schöpfer, der zu verwenden ist
 VD: Vordruck der im druckhaltendem Schöpfer vor der Probennahme einzustellen ist

Anhang 5.1.6

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Grundwasser-Probennahme

Sonderprobennahme - druckhaltende Schöpfer
(Hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und
Messstellengruppen mit druckhaltenden Schöpfern
Sonderprobennahme
für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Vorbereitung der Grundwasserprobennahme	5
3	Durchführung der Grundwasserprobennahme	5
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	7
5	Berichte.....	7
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	9
7	Abnahme der Leistungen	9
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	10

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme aus Einzelmessstellen und Messstellengruppen für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter - Sonderprobennahme mit druckhaltenden Schöpfern - unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen.

Als hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter werden solche bezeichnet, bei denen sich während der Grundwasserprobennahme in der Grundwassermessstelle (GWMST) bei einer Pumpenförderleistung von ca. 2 l/min keine konstante Wasserspiegellage einstellt ($\Delta s/\Delta t \neq 0$).

Die Grundlage für die Teil-LB Sonderprobennahme mit druckhaltenden Schöpfern für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, das DVGW-Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme“ und das BWK-Merkblatt 5 „Erarbeitung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen zur Grundwasserprobennahme bei Altlasten im Lockergestein“.

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Grundwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nach-AN (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Fahrtkosten, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form, die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.

Grundsätzlich ist eine repräsentative Entnahme von Grundwasserproben als Schöpfproben ohne Verwendung einer geeigneten Abpumptechnik zur Erreichung des hydraulischen Abbruchkriteriums nicht möglich.

Die Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) enthält alle für die Durchführung der Sonderprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenbezeichnung - jede GWMST besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der GWMST ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Bohrdurchmesser und Bohrverfahren - der Bohrdurchmesser ist ein Basiswert für die Berechnung des für eine repräsentative Grundwasserprobennahme erforderlichen hydraulischen Abbruchkriteriums. Seine Angabe erfolgt in mm; bei den Bohrverfahren wird unterschieden in:
 - VTB: verrohrte Trockenbohrung
 - VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
 - VSF: verrohrte Spülbohrung
 - VSF+K: verrohrte Spülbohrung mit Kernung
- Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterial - der Ausbaudurchmesser wird in mm angegeben; bei den Ausbaumaterialien wird unterschieden in:
 - VR: Vollrohr

FR: Filterrohr

wobei das verwendete Material hinzugefügt wird

- Grundwasserleiter - der verfilterte Grundwasserleiter (GWL) wird entsprechend der geltenden Untersuchungsmethodik angegeben
- Grundwasserstand - Eingetragen wurde der Wasserstand, für den das hydraulische Abbruchkriterium ermittelt wurde
- k_f -Wert - bei den hydraulischen Durchlässigkeitskoeffizienten (k_f -Wert in m/s) wird unterschieden in:
 - a) aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
 - b) aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
 - c) aus einer Sieblinie ermittelter Wert
 - d) auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert
 - e) aus einem Slug and Bail Test ermittelten Wert
- Tiefe - die Tiefe der Grundwassergütemessstelle ist gleich der Lage der Bodenplatte unter Rohroberkante in m
- Filterlage - aus der Filterlage ist die Tiefe der Filterrohroberkante und der Filterrohrunterkante unter Rohroberkante in m zu entnehmen
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bemerkungen - mit LNAPL (**L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind. Bei diesen Messstellen ist eine Beprobung nicht möglich.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) enthaltenen Vorgaben sind bei der Probennahme einzuhalten. Folgende Bezeichnungen sind vom AN einzutragen:

- Messstellenbezeichnung - jede Grundwassermessstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Entnahmetiefe - die Entnahmetiefe ist gleich der Einlassöffnung der Grundwasserpumpe in m unter Rohroberkante der Messstellenkappe, sie ist vom AN zu ermitteln und bei der Grundwasserprobennahme einzuhalten
- Abzupumpendes Filtervolumen - das vor der Grundwasserprobennahme messstellenspezifisch abzupumpende Filtervolumen
- Absenkung (s) - die Absenkung ist im Rahmen des Abpumpens einzuhalten
- n_A - Anzahl der Abpumptage, die an aufeinander folgenden Tagen einzuhalten sind
- Druckhaltender Schöpfer - der druckhaltende Schöpfer, der bei der Probennahme anzuwenden ist
- Vordruck - vor der Probennahme im Probengefäß des druckhaltenden Schöpfers einzustellender Vordruck
- R-GWMST - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen - mit LNAPL (**L**ight **N**on **A**queous **P**hase **L**iquid) werden die GWMST angegeben, bei denen Mächtigkeit und Dichte der aufschwimmende Phase zu messen sind. Bei diesen Messstellen ist eine Beprobung nicht möglich.

2 Vorbereitung der Grundwasserprobennahme

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands-, Phasen- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl. (1):

$$t_{PN} = t_{na} + t_{AP} + t_{VA} + t_{EA} \quad (1)$$

t_{PN}	Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe [min]
t_{na}	Gesamtzeit für das Abpumpen und die Probennahme
t_{AP}	Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe [min]
t_{VA}	Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]
t_{EA}	Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probenahme- und Messtechnik [min]

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der Gl. (1). Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1a (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) zu entnehmen.

Die in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) enthaltene Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden GWMST wurde so festgelegt, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld vermieden wird. Dementsprechend werden an einem Tag nur GWMST in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt. Die Reihenfolge der zu beprobenden GWMST wurde so festgelegt, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium wurde auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet.

3 Durchführung der Grundwasserprobennahme

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei einer in der Grundwassermessstelle aufschwimmenden fluiden Phase (LNAPL: **Light Non Aqueous Phase Liquid**, z.B. MKW) ist die Verwendung eines Messsystems zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit und eines Phasenschöpfers zur Entnahme einer Phasenprobe erforderlich. Die Phasendichte ist an der entnommenen Phasenprobe im Labor messstellenspezifisch zu bestimmen und für die Korrektur des Wasserstandes zu verwenden. Im Angebot sind die vom AN zu verwendenden Messsysteme für die Phasenmächtigkeit und Phasendichte anzugeben.

Bei hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern bzw. –geringleitern ist bei Grundwassermessstellen mit einer aufschwimmenden Phase eine Grundwasserprobennahme nicht möglich.

Wird bei der Eintragung des Grundwasserstandes in das Probennahmeprotokoll festgestellt, dass sich dieser im Sumpfrohr befindet, ist dieser Sachstand ebenfalls unter Bemerkungen einzutragen. Eine Grundwasserprobe aus dem Sumpfrohrbereich zu entnehmen ist nicht zulässig.

Prinzipiell ist die Grundwasserprobennahmetechnik entsprechend der in Tabelle 1b (s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) enthaltenen Festlegungen einzubauen.

Vor und nach dem an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen durchzuführenden Abpumpen der GWMST bis zur maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung (s. Tab. 1b), ist der Wasserspiegel vor und nach dem Abpumpen zu messen und zu protokollieren.

Die Anordnung des druckhaltenden Schöpfers unmittelbar unterhalb der Grundwasserprobennahmepumpe ist stets einzuhalten. Bei GWMST mit einem Innendurchmesser von $\geq 4''$ ist der druckhaltende Schöpfer in dem verlängerten Kühlmantel der Grundwasserprobennahmepumpe unmittelbar unterhalb der Pumpe einzubauen. Dadurch wird eine zur Pumpprobe vergleichbare Probe im druckhaltenden Schöpfer ermöglicht.

Vor jedem Abpumpen ist die Grundwasserprobennahmetechnik (ohne druckhaltenden Schöpfer) entsprechend der Planungsvorgabe (s. Tabelle 1b, Anlage 1 zum Anhang 5.1.6) einzubauen und die Messstelle bis zur geplanten maximal zulässigen Wasserspiegelabsenkung leer zu pumpen. Dieser Vorgang ist an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu wiederholen (z. B. Montag, Dienstag und Mittwoch) und am vierten darauf folgenden Tag die Probennahmetechnik mit druckhaltenden Schöpfer und die Grundwasserprobe mit einer Förderleistung von $Q_P \leq 1 \text{ l/min}$ zu entnehmen. Die Probennahme mittels druckhaltendem Schöpfer (in situ) und Abfüllen der Probennahmegefäße (on site) erfolgt, wenn das Totvolumen des Probennahmesystems bis zum Bypass dreimal ausgetauscht wurde. Abweichungen sind zu begründen. Zu Beginn der Probennahme erfolgt das Betätigen des Befüllungsmechanismus des druckhaltenden Schöpfers.

Nach jedem Abpumpen wird der Wiederanstieg des Wasserspiegels am darauf folgenden Tag gemessen. Zwingende Voraussetzung für die Realisierbarkeit der Grundwasserprobennahme ist der Wiederanstieg über die Filterunterkante. Befindet sich der Wasserspiegel in der Messstelle 24 Stunden nach deren Leerung im Bereich der Filterunterkante, so gilt die Messstelle als trocken und wird nicht beprobt. Bei ausreichendem Zulauf des Frischwassers über die Filterunterkante innerhalb von 24 Stunden erfolgt die Gewinnung der Wasserprobe wie oben dargestellt.

Bei niedrigem Wasserstand bzw. geringem Wasservolumen in der Messstelle kann nach dreimaligem Abpumpen alternativ die Probennahme auch mit einem Schöpfer im Bereich der Filterstrecke erfolgen, wenn durch die Bauart des Schöpfers (vor und nach der Probennahme verschleißbare Systeme, z.B. Ruttner-Schöpfer oder Schöpfer mit Fußventil) eine Beprobung möglich ist. Auf dem Probennahmeprotokoll ist der verwendete Schöpfertyp anzugeben. Unzulässig ist die Beprobung des im Sumpfrohr befindlichen Wassers.

Während der Probennahmephase erfolgt die digitale Aufzeichnung aller nachfolgend benannten Messgrößen parallel und im Echtzeitbetrieb unter Verwendung eines dafür geeigneten Systems:

- Wasserstand in der Grundwassermessstelle,
- Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
- Temperatur (Durchflussszelle)
- pH-Wert (Durchflussszelle)
- Elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
- Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle) und
- Redoxspannung (Durchflussszelle).

Zulässig ist auch eine digitale Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Wasserstand in der Grundwassermessstelle und Pumpenförderleistung getrennt von der digitalen Aufzeichnung im Echtzeitbetrieb von Temperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und Redoxspannung. Dabei gelten die oben genannten Anforderungen.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und visuellen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Ein Beispiel eines Probennahme-Protokolls ist als Anlage 2 und 3 dem Anhang 5.1.1 beigelegt.

Bei der Beprobung von GWMS mit sehr hohen Werten der elektrischen Leitfähigkeit können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung mit den mitzuführenden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

Unmittelbar nach dem Ausbau der Probennahmetechnik erfolgt die Entnahme des druckhaltenden Probengefäßes aus dem Schöpfer sowie dessen geschlossener und gekühlter Transport in das Labor.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben
- Messung des in den druckhaltenden Probengefäßen des Schöpfers gemessenen Innendrucks

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Berichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der abgepumpten und beprobten GWMST, an den GWMST festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Probennahmeprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für :
 - Wasserstand in der GWMST
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflusszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflusszelle)
 - pH-Wert (Durchflusszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflusszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflusszelle)
 - Redoxspannung (Durchflusszelle)
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung des Pumpenförderstromes, der Wasserspiegellage in der GWMST und des aus der Wasserspiegelabsenkung in der Grundwassermessstelle resultierenden Anteils am Abpumpvolumen als Funktion der Zeit, grafische Auswertung der während der Abpump- und Probennahme phase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit (s. Anlage 5).
 - Übergabe/ Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der GWMST
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
 - Interpretation der Daten hinsichtlich des Analysenvergleiches zwischen druckhaltendem Schöpfer und Pumpprobe, einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- die zeitliche Aufnahme des Pumpvolumenstroms, des Wasserspiegels in der GWMST und dem aus der Wasserspiegelabsenkung in der GWMST resultierenden Anteil am Abpumpvolumen
- die zeitliche Auswertung der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der Durchflussmesszelle (es sind die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/ Jahr der Beprobung einzutragen)
- Erstellung eines Probennahmeprotokolls (Beispiel s. Anlage 2 und 3 zum Anhang 5.1.1).

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Routinebeprobung von Grundwassermessstellen erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte

- Probennahmeprotokolle
- Einhalten der Abpumpkriterien
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für:
 - Wasserstand in der Grundwassermessstelle
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur (Durchflussszelle)
 - pH-Wert (Durchflussszelle)
 - elektrische Leitfähigkeit (Durchflussszelle)
 - Sauerstoffkonzentration (Durchflussszelle)
 - Redoxspannung (Durchflussszelle).
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten GWMST
- Plausibilität der messstellenspezifisch eingestellten Förderleistung zur Wasserspiegelabsenkung
- Einhaltung des hydraulischen Abbruchkriteriums ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Abpumpkriterien, einschl. Anzahl der Abpumptage
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,5$ m)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/ Redoxspannung) und
- Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Grundwasserprobennahme Die Grundwasserprobennahme - Sonderprobennahme mit druckhaltenden Schöpfern - hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses (s. Tab.1a und 1b) zu entnehmen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Mess- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Mess- und Probennahmetechnik in bzw. aus den Grundwassermessstellen, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
	Planung der Sonderprobennahme Planung der Grundwasserprobennahme - Sonderprobennahme mit druckhaltendem Schöpfer - gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in den Tabellen 1a und 1b enthaltenen Angaben sowie den Ausbaudokumenten.			
	Grundwasserprobennahme Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen gemäß LB mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte und unter Verwendung des in Tabelle 1b der LB angegebenen druckhaltenden Schöpfers. – Alle Wasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Die Messung der Grundwassertemperatur erfolgt während der Abpumpphase unmittelbar unterhalb der Probennahmepumpe.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Entsorgung von kontaminiertem Grundwasser Entsorgung kontaminierten Grundwassers ordnungsgemäß mit Vorlage des Entsorgungsnachweises, einschl. aller anfallenden Nebenkosten, wie erhöhte Arbeitschutzkosten, Sicherung, Transport in dafür zugelassenen Fahrzeugen, Zwischenlagerung bzw. Lagerung auf entsprechendem Gelände.	m ³		
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen			

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Sonderprobennahme (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.6)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.1.1)

Kalkulationsgrundlage für die Sonderprobennahme mit druckhaltendem Schöpfer für hydraulisch gering ergiebige Grundwasserleiter

Tabelle 1a zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bohr-Ø (mm), Bohrverfahren	Ausbau-Ø (mm), Ausbaumateri- al	GWL	kf-Wert (m/s)	Teufe (m u. ROK)	Filterlage (m u. ROK)	Kontaminations verdacht	Bemerkung

VTB: verrohrte Trockenbohrung
 VR: Vollrohr
 KK: Kieslebefilter
 GWL: Grundwasserleiter
 VTB+K: verrohrte Trockenbohrung mit Kernung
 FR: Filterrohr
 W: Wickeldrahtfilter, Edelstahl

- 1): kf-Wert aus einem Kurzpumpversuch ermittelter Wert
- 2): kf-Wert aus einer Kernprobe ermittelter Wert nach DARCY (DIN 18 130)
- 3): kf-Wert aus einer Sieblinie ermittelter Wert
- 4): kf-Wert auf der Grundlage der DIN 4220 geschätzter Wert

GWM-E: Einzelmessstelle
 GWM-G: Messstellengruppe
 GWM-B: Messstellenbündel

Tabelle 1b zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme: Angaben zur Probennahme

Objekt: - Grundwassermonitoring

Messstellen- art	Messstellen- name	Qp (l/min)	Entnahme- tiefe (m u. ROK)	V _F (Liter)	zulässige Absenkung (m)	n _A	DS/ VD in mbar	Probenahme- zyklen	R-GWMST	Bemerkungen

R-GWMST: Reihenfolge der Beprobung - Tag/Reihenfolge
 V_F: vor der Probennahme abzapfendes Wasservolumen
 DS: Druckhaltender Schöpfer, der zu verwenden ist
 VD: Vordruck der im druckhaltendem Schöpfer vor der Probennahme einzustellen ist

Anhang 5.2

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Bodenwasserprobennahme

Anhang 5.2.1

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

**Bodenwasserprobennahme
aus Messstellenschächten und -gruppen
- Routinebeprobung -**

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNG MIT LEISTUNGSVERZEICHNIS
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Bodenwasserprobennahme
aus Messstellenschächten und -gruppen
- Routinebeprobung -**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
2	Planung der Bodenwasserprobennahme	4
3	Bodenwasserprobennahme	4
3.1	Bodenwasserprobennahme aus Messschächten	4
3.2	Bodenwasserprobennahme aus Messstellengruppen	5
4	Übernahme/Übergabe der Probengefäße	6
5	Auswertung der Bodenwasserprobennahme.....	7
6	Berichte.....	7
7	Abnahme der Leistungen	8
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	9

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Bodenwasserprobennahme aus Messschächten und Messstellengruppen - Routinebeprobung - unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Die Grundlage für die Teil-LB Bodenwasserprobennahme aus Messschächten und Messstellengruppen bilden vor allem das LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, Stand 2007, die ASTM-Norm D 4696 – 92 (Reapproved 2000) und das DVWK Merkblatt 217.

Der Auftragnehmer muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Bodenwasserprobennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers (AN). Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Die Fahrtkosten, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form, die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.

Die Leistungsbeschreibung enthält alle Angaben für die Bestimmung des Bodenwassergehaltes und für die Probennahme von Bodenwasser.

Die Tabellen 1 bis 2 (s. Anlage 1 und 2 zum Anhang 5.2.1) enthalten alle für die Planung der Untersuchungen erforderlichen Angaben. Tabelle 1 enthält alle für die Planung der Bodenwasserprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenname – Angabe der im Projekt verwendeten Messstellenbezeichnung.
- Messstellenart - angegeben wird, die Art der installierten Messstelle:
 - Messschacht mit horizontalem Einbau
 - Messstellengruppe mit vertikalem Einbau
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem
- Messsystem für die Bestimmung des Bodenfeuchtegehaltes – Angabe des Messsystems wie z.B. Tensiometer, Time Domain Reflectrometry (TDR) oder Frequency Domain Sensor (FD-Sensor)
- Tiefe - angegeben wird die die Tiefenlage des Separators (wie Keramikkerze, Glassinterkerze, ...).
- Kontaminationsverdacht - angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenuntersuchung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Messzyklus - angegeben wird die messstellenspezifische Anzahl der Beprobungen pro Jahr.

Tabelle 2 enthält alle für die Planung der Bodenwasserprobenahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenname – Angabe der im Projekt verwendeten Messstellenbezeichnung.
- Messstellenart - angegeben wird, die Art der installierten Messstelle:
 - Messschacht mit horizontalem Einbau des Bodenwasserprobennahmesystems
 - Messstellengruppe mit vertikalem Einbau des Bodenwasserprobennahmesystems mit Ein-, Zweikammer oder gasdichten System (Shuttle System)

Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das vom Auftraggeber vorzugebende Koordinatensystem

- Ausbau der Messstelle - Angegeben werden die verwendeten Materialien für die Separatoren (einschl. Lufteintrittspunkt) und Förder Elemente sowie die Art der Unterdruckerzeugung
- Teufe des Probennahmeelementes - angegeben wird die Lage der Separatoren (Mitte) unter der Geländeoberkante
- Extraktionsdruck - angegeben wird der für die Bodenwasserprobennahme einzustellende Unterdruck
- Beschaffenheit - angegeben werden Bodenwassermessstellen, für die eine Versauerungsgefährdung bzw. Kontamination besteht
- Probenahmezyklus - angegeben wird die messstellenspezifische Anzahl der Beprobungen pro Jahr.

2 Planung der Bodenwasserprobennahme

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Bodenwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung nach Gl. (1):

$$t_{PN} = t_{WB} + t_{AP} + t_{VA} \quad (1)$$

t_{PN} Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenwasserprobe [min]

t_{WB} Zeit für die Bodenwassergehaltsbestimmung

t_{AP} Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Bodenwasserprobe [min]

t_{VA} Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik [min]

3 Bodenwasserprobennahme

3.1 Bodenwasserprobennahme aus Messschächten

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Unmittelbar nach der Ankunft an der Messstelle, erfolgt deren Zustandsprüfung. Folgende Auffälligkeiten sind bei deren Feststellung im Messprotokoll unter "Bemerkungen" schriftlich zu benennen:

- Abschluss des Messschachtes zur Geländeoberfläche: Setzungen, Risse, Klüfte,...
- Deformationen bzw. Mängel am Messschacht
- undichte bzw. fehlende Einstiegs Luke
- Zugängigkeit zum Messschacht
- Ablagerungen im Bereich der Messstelle und
- undichte Probennahmesysteme bzw. Leitungen.

Bei Tensiometern ist vor der Messung die Luftfreiheit des Messsystems zu prüfen. Wird Luft im System nachgewiesen, so ist der Messwert nicht repräsentativ. Das Tensiometer ist zu entlüften und der Messwert erneut zu bestimmen.

Anschließend wird der Wert des Bodenfeuchtemesssystems in das Probennahmeprotokoll eingetragen. Wird dabei festgestellt, dass sich der aus dem Bodenfeuchtegehalt ergebende Kapillardruck (bei

Verwendung von Tensiometern direkt messbar bzw. bei anderen aus der pF-Kurve ablesbar) im Bereich des Lufteintrittspunktes des Separators (wie Keramikkerze, Glassinterkerze, ...) liegt (s. Tab. 2, Anlage 2 zum Anhang 5.2.1), so ist nach dem die Bodenwasserprobe entnommen wurde, das Bodenwasserprobennahmesystem auf Luftfreiheit zu prüfen und gegebenenfalls entsprechend der Herstellerangaben zu entlüften.

Vorzugsweise erfolgt in einem Bodenwassermessschacht die Steuerung des Extraktionsdruckes über eine hängende Wassersäule (empfohlen wird hier eine gasdichte Ausführung, wie Edelstahlleitung). An dieser wird ein gasdichter Beutel bzw. eine Glasflasche für die Bodenwassersammlung angeschlossen. Vor der Trennung des gasdichten Beutels bzw. der Glasflasche von der hängenden Wassersäule wird der anliegende Unterdruck mittels eines für diesen Messbereich geeigneten Vakuummeters gemessen und protokolliert. Sollte zwischen Bodenwassersammelgefäß und hängender Wassersäule ein Rückschlagventil angeordnet sein, so ist der anliegende Druck vor und nach dem Rückschlagventil zu messen und zu protokollieren.

Die Bodenwassersammelgefäße werden als Probengefäß bis in das Labor verwendet (gekühlter Transport). Dort erfolgt dann die Aufteilung der für die Analytik erforderlichen Teilproben sowie die Messung und Protokollierung der Milieukennwerte (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Redoxspannung) in einer hinsichtlich des Totvolumens minimierten Durchflussszellen während der Probenaufteilung, direkt aus dem Bodenwassersammelgefäß.

Nach der Abnahme des Bodenwassersammelgefäßes von der hängenden Wassersäule ist das gegebenenfalls in der Leitung befindliche Rückschlagventil auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und gegebenenfalls auszutauschen. Anschließend erfolgt die Ankopplung eines neuen Bodenwassersammelgefäßes an die hängende Wassersäule sowie die Kontrolle des anzulegenden Extraktionsdruckes (ggf. vor und nach dem Rückschlagventil) mittels eines für den Messbereich geeigneten Vakuummeters.

3.2 Bodenwasserprobennahme aus Messstellengruppen

Im Gegensatz zu den Ausführungen im Kap. 3.1 sind bei Messstellengruppen die Bodenwasserprobennahmesysteme vertikal installiert. Somit sind folgende Besonderheiten zu beachten und umzusetzen.

Bei Tensiometern sind die bereits unter Kap. 3.1 vorgegebenen Handlungen durchzuführen.

Bei den vertikal installierten Messstellengruppen erfolgt die Steuerung des Extraktionsdruckes über eine Unterdruckerzeugungseinheit, deren Funktion stets vor und nach der Entnahme der Bodenwasserproben zu prüfen ist. An dieser wird bei einem *Einkammersystem* ein Sammelgefäß (häufig eine Glasflasche) für die Bodenwassersammlung angeschlossen. Vor der Trennung des Sammelgefäßes von der Unterdruckerzeugungseinheit ist der anliegende Unterdruck mittels eines für diesen Messbereich geeigneten Vakuummeters zu messen und zu protokollieren. Sollte zwischen Bodenwassersammelgefäß und Unterdruckerzeugungseinheit ein Rückschlagventil angeordnet sein, so ist der anliegende Druck vor und nach dem Rückschlagventil zu messen und zu protokollieren.

Aus dem Sammelgefäß wird die Bodenwasserprobe mittels Stickstoff, druckfrei in die Probengefäße umgefüllt, wobei in dem Probenschlauch die Milieukennwerte (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Redoxspannung) in hinsichtlich des Totvolumens minimierten Durchflussszellen gemessen werden. Die druckfreie Probenabfüllung erfolgt durch Ersatz des Gefäß-

verschlusses durch einen Stopfen mit zwei Schlauchleitungen, von der eine bis zum Boden des Sammelgefäßes und die andere unmittelbar unterhalb des Stopfens endet. An die Schlauchleitung, die bis zum Gefäßboden führt ist ein gasdichter Beutel anzuschließen, der vorher mit Stickstoff gefüllt wurde. Durch Umkippen des Sammelgefäßes strömt das gesammelte Bodenwasser aus dem Sammelgefäß, dessen Volumen dabei durch den Stickstoff ersetzt wird.

Bei einem *Zweikammersystem* ist vor der Bodenwasserprobennahme der anliegende Unterdruck zu messen und zu protokollieren. Anschließend erfolgt die Entnahme der gesammelten Bodenwasserprobe entsprechend der Herstellerangaben. Auch hierbei erfolgt in dem Probenschlauch die Messung der Milieukennwerte (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Redoxspannung) in einer hinsichtlich des Totvolumens minimierten Durchflussszelle.

Im Anschluss an die Bodenwasserprobennahme ist die Wasserleitung zu verschließen und die Luftleitung mit der Unterdruckleitung zu verbinden. Abschließend erfolgt die Kontrolle des anliegenden Extraktionsdruckes mit einem für diesen Messbereich geeigneten Vakuummeter.

Die Probengefäße sind gekühlt in das Labor zu bringen.

Bei einem *gasdichten System (Shuttle System; s. Typenblatt Anh. 4.2.2)* dient der im Shuttle System enthaltene gasdichte Beutel als Probentransportbehälter (gekühlter Transport bis ins Labor).

Vor der Trennung des Shuttle Systems von der Unterdruckerzeugungseinheit wird der anliegende Unterdruck mittels eines für diesen Messbereich geeigneten Vakuummeters gemessen und protokolliert. Sollte zwischen Shuttle System und Unterdruckerzeugungseinheit ein Rückschlagventil angeordnet sein, so ist der anliegende Druck vor und nach dem Rückschlagventil zu messen und zu protokollieren.

Der gasdichte Beutel wird aus dem Shuttle System entsprechend der Herstellerangaben entnommen und als Probengefäß bis in das Labor verwendet (gekühlter Transport). Dort erfolgt dann die Aufteilung der für die Analytik erforderlichen Teilproben sowie die Messung und Protokollierung der Milieukennwerte (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Redoxspannung) in einer hinsichtlich des Totvolumens minimierten Durchflussszelle während der Probenaufteilung, direkt aus dem gasdichten Beutel.

Nach der Trennung des Shuttle Systems von der Unterdruckerzeugungseinheit, ist das gegebenenfalls in der Leitung befindliche Rückschlagventil auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und gegebenenfalls auszutauschen. Anschließend erfolgt die Ankopplung des entsprechend der Herstellerangaben mit einem neuen gasdichten Beutel ausgerüstete Shuttle System an die Unterdruckerzeugungseinheit, sowie die Kontrolle des anzulegenden Extraktionsdruckes (ggf. vor und nach dem Rückschlagventil) mittels eines für den Messbereich geeigneten Vakuummeters. Werden dabei keine Mängel festgestellt, so erfolgt anschließend die Kopplung des Shuttle Systems an die Saugkerzeneinheit.

4 Übernahme/Übergabe der Probengefäße

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in

- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

5 Auswertung der Bodenwasserprobennahme

Die Auswertung der Bodenwasserprobennahme umfasst:

- die Erstellung eines Probennahmeprotokolls mit den unter 3. benannten Punkten
- den messstellenspezifischen Soll-Ist-Vergleich der vor und nach der Bodenwasserprobennahme gemessenen Extraktionsdrücke
- den messstellenspezifischen Vergleich zwischen dem mittels Bodenfeuchtemesssystem ermittelten Kapillardruck mit dem Ist-Wert des Extraktionsdruckes
- messstellenspezifische Auswertung des Bodenwasservolumens als Funktion der Probennahmezeit und der meteorologischen Verhältnisse
- Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen.

6 Berichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der beprobten Bodenwassermessstellen, an den Bodenwassermessstellen festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit, besondere Vorkommnisse in Tabellenform,
- Probennahmeprotokolle,
- den messstellenspezifischen Soll-Ist-Vergleich der vor und nach der Bodenwasserprobennahme gemessenen Extraktionsdrücke,
- Messstellenspezifische Auswertung des Bodenwasservolumens als Funktion der Probennahmezeit und der meteorologischen Verhältnisse,
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung

2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
 - Beprobbarkeit der Grundwassermessstellen
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
 - Interpretation der Daten hinsichtlich einer Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit im Vergleich zu Altdaten (alle erforderlichen Daten werden vom Auftraggeber übergeben), einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen.
5. Anlagen

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Routinebeprobung von Bodenwassermessstellen erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte

- Probennahmeprotokolle
- den messstellenspezifischen Soll-Ist-Vergleich der vor und nach der Bodenwasserprobennahme gemessenen Extraktionsdrücke
- den messstellenspezifischen Vergleich zwischen dem mittels Bodenfeuchtemesssystem ermittelten Kapillardruck mit dem Ist-Wert des Extraktionsdruckes
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht.

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Plausibilität des Vergleiches zwischen dem mittels Bodenfeuchtemesssystem ermittelten Kapillardruck mit dem Ist-Wert des Extraktionsdruckes
- Plausibilität des gesammelten Bodenwasservolumens
- Abweichungen zwischen Soll- und Istwert des anzulegenden Extraktionsdruckes ($\pm 10\%$)
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung) und

sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Vorbemerkung zur Bodenwasserprobennahme Bodenwasserprobennahme aus Bodenwassermessstellen entsprechend LB. Die Probennahmezyklen und Messstellendaten sind der Anlage 2 des Leistungsverzeichnisses zu entnehmen. Für die Durchführung der Feldarbeiten sind grundsätzlich nur geländetaugliche Fahrzeuge (für teilweise schwer befahrbares Gelände) einzusetzen. Die Fahrtkosten, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers und sind mit einzukalkulieren. Die Fahrtkosten, die aus den Geländebedingungen resultierenden Mehraufwendungen sind ebenfalls einzukalkulieren.			
	Planung der Routineprobennahme Planung der Bodenwasserprobennahme gemäß Leistungsbeschreibung unter Verwendung der in Anlage enthaltenen Angaben.			

Pos.	Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
	Bodenwasserprobennahme Bodenwasserprobennahmen gemäß LB, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – Die Entnahme von Bodenwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte und Vorgaben. – Alle Bodenwasserproben sind in vorgekühlte Probengefäße abzufüllen bzw. in den Sammelgefäßen gekühlt bis ins Labor zu transportieren. – Das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Messstellenspezifischer Soll-Ist-Vergleich der vor und nach der Bodenwasserprobennahme gemessenen Extraktionsdrücke. – Messstellenspezifischen Vergleich zwischen dem mittels Bodenfeuchtemesssystem ermittelten Kapillardruck mit dem Ist-Wert des Extraktionsdruckes. – Messstellenspezifische Auswertung des Bodenwasservolumens als Funktion der Probennahmezeit und der meteorologischen Verhältnisse. – Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen.			
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.	pauschal		
	Bericht Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Bodenwassermessstellen			

**Anlagen zur Teilleistungsbeschreibung mit Teilleistungsverzeichnis
dargestellt anhand eines Beispiels**

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Bodenwasserprobennahme (z.B. s. Anlage 1 und 2 zum Anhang 5.2.1)
- Anlage 3 : Schichten- und Ausbauprofile der Bodenwassermessstellen
- Anlage 4 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Bodenwasserprobennahme
- Anlage 5 : Beispiel für Probennahmeprotokoll (z.B. s. Anlage 3 zum Anhang 5.2.1)

Tabelle 1: Bodenwassergehaltsbestimmung

Objekt: - Bodenwasser

Messstellen- name	Messstellen- art	Rechtswert	Hochwert	Messsystem (Bodenfeuchtegehalt)	Tiefe in m	Kontaminations- verdacht	Messzyklen	Bemerkung

Tabelle 2: Bodenwasserprobennahme

Objekt: - Bodenwasser

Messstellen-name	Messstellenart	Rechtswert	Hochwert	Ausbau	Teufe / BA (m u. GOK)	Extraktionsdruck (hPa)	Beschaffenheit	Probenahme- zyklen	Bemerkung

- BA: Bodenart
- K: Kippe
- m u. GOK Meter unter Geländeoberkante
- VR: Vollrohr
- (O): keine kontamination; keine Versauerung

Probennahmeprotokoll BODENWASSER

Datum: **Uhrzeit:**

Objekt: **AG:**

Bezeichnung der Messstelle: **Nr.:**

Lage: RW HW

Kartengrundlage TK 25 TK 10

Witterung: _____

Lufttemperatur: °C

Luftdruck: hPa (absolut)

Messgeräte: _____

Messpunkt (Labornummer)	Teufe [m u. GOK]	Bodenwasser						
		T [°C]	pH [-]	elektr. LF [µS/cm]	O ₂ [mg/l]	UH [mV]	Menge [ml]	Saugspannung [cm WS]

Bemerkungen: _____


 Institution (Stempel)


 Probennehmer (Unterschrift)

[Quelle in Anlehnung an BGD Boden- und Grundwasserlabor GmbH, 2005]

Anhang 5.3

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Direct Push-Verfahren

Anhang 5.3.1

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Direct Push-Verfahren
Grundwasserprobennahme

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNGEN MIT LEISTUNGSVERZEICHNISSEN
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Direct Push-Verfahren
Grundwasserprobennahme**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
1.1	Direct Push-Technologie (allgemein).....	3
1.2	Direct Push-Verfahren „Grundwasserprobennahme“	3
2	Vorbereitung der Sondierung	5
3	Planung der Probennahme	6
4	Grundwasserprobennahme	7
5	Tagesberichte	9
6	Auswertung der Grundwasserprobennahme	10
7	Abnahme der Leistungen	10
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	12

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Grundwasserprobennahme mit Direct Push-Verfahren unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter, Anh. 4.3). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen!

Im nachfolgenden Textteil wird zwischen den Informationen für die Bearbeiterin bzw. den Bearbeiter der Ausschreibungsunterlagen und den ausschreibungsrelevanten Forderungen unterschieden. Die Informationen sind im *kursiven Textformat* ausgeführt.

1.1 Direct Push-Technologie (allgemein)

Der Leistungsbereich der Direct Push (DP) Sondierungen umfasst die Teilgebiete Probennahme und in Situ Analytik. Die Probennahme beinhaltet Boden-, Wasser und Bodenluftprobennahme. Die in Situ Analytik unterteilt sich in hydraulische, geotechnische, geophysikalische und geochemische Methoden.

Direct Push bietet damit ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für unterschiedliche Stufen eines Projektes. Je nach den Anforderungen eines Projekts und dessen Zielsetzung ist demnach eine passende Methode bzw. Methodenkombination auszuwählen.

Die Wasser- und Bodenluftprobennahme bietet zusätzlich die Möglichkeit, dass bestimmte Probenahmegeräte für Monitoringzwecke im Boden verbleiben oder Sondierkanäle zu Messstellen ausgebaut werden können.

1.2 Direct Push-Verfahren „Grundwasserprobennahme“

Für eine qualitativ hochwertige Direct Push Grundwasserprobennahme müssen im Vorfeld Informationen über den Untergrundaufbau vorhanden sein. Diese Informationen können einerseits aus vorangegangenen Direct Push Untersuchungen bzw. anderen bodenkundlichen Untersuchungen stammen. Falls im Vorfeld keine Informationen zum Untergrundaufbau vorhanden sind, so sind diese im Rahmen der Grundwasserprobennahme vorab zu erheben. Dazu eignen sich geotechnische und hydraulische in Situ DP Methoden, geophysikalische Untersuchungen oder konventionelle bodenkundliche Verfahren.

Zur Planung einer DP Grundwasserprobennahme sollten auch Erkenntnisse über zu erwartende Schadstoffkontaminationen und deren Lage bekannt sein. Dies ist ebenfalls mit Hilfe vorangegangener Untersuchungen möglich, andernfalls sind diese Daten im Vorfeld beispielsweise durch andere Untersuchungsmethoden (z.B. mit schadstoffdetektierenden in Situ DP Methoden) zu erheben. Eine Ausnahme können hier Multilevelbeprobungen darstellen, die zur Lokalisierung von Schadstoffen eingesetzt werden.

Die Auswahl der jeweiligen Technologie hat anhand der Zielsetzung des Projekts zu erfolgen. Je nach Zielsetzung können Vergleichsmessungen mit anderen Messmethoden zur Referenzierung der Messwerte nötig sein (s. Typenblätter, An. 4.3)

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Probennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers. Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufungsmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des Auftraggebers (AG) abzugleichen.

Die Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) enthält alle für die Planung der Probennahme bei einer Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung bzw. Wiederholungsbeprobung erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenname - jede Sondierung bzw. Messstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Messstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das Bezugsmesssystem des AG
- Grundwasserprobennehmer - die Art des Grundwasserprobennehmers, der verwendete Gestängedurchmesser bzw. Schlauchdurchmesser und die Schlauchlänge sind unter Anderem wichtige Werte für die Berechnung des abzupumpenden Wasservolumens, zur Beschreibung der Art des Grundwasserprobennehmers ist die Herstellerbezeichnung und/oder die Art des zu verwendenden Probennehmers, sowie die zugehörige Filterlänge anzugeben (s.a. Abb. 1)
- Tiefe - die Tiefe ist gleich der Unterkante des Probennehmers
- Filterlage - aus der Filterlage sind Ober- und Unterkante der Filterstrecke zu entnehmen
- Volumenstrom (Q_P) - Geplanter Sollvolumenstrom, der gegebenenfalls während der Beprobung anzupassen ist
- Abzupumpendes Gesamtvolumen (V_F) - Vor der Probenabfüllung abzupumpendes Grundwasservolumen, dass entsprechend des Verlaufes der Milieukennwerte (Sauerstoff, Redoxspannung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur) anzupassen ist
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenerkundung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bodenbeschaffenheit - sofern bekannt, sind für Direct Push Sondierungen problematische Gegebenheiten festzuhalten, dazu gehören grobe Einlagerungen bzw. Gesteinsschichten, die problematisch für Sondierungen sein können.
- Bemerkungen - mit LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) werden die Grundwassermessstellen gekennzeichnet, bei der eine Phase aufschwimmt. Eine Mächtigmessung ist mit Direct Push Techniken kaum durchführbar, hier ist ein Schutzrohr und/oder ein geschlossener Probennehmer zu verwenden

Diese Tabelle gilt für die Planung einer neuen Direct Push Sondierung mit Grundwasserprobennehmern.

Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) gilt nur für die Beprobung von Direct Push Grundwassermessstellen.

Folgende Bezeichnungen sind enthalten:

- Messstellenbezeichnung -jede Grundwassermessstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Grundwassermessstelle ermöglicht
- Grundwasserprobennehmer - die Art des Grundwasserprobennehmers (z.B. s. Abb. 1)
- Volumenstrom (Q_P) - Der Sollvolumenstrom während der Beprobung, der einzuhalten ist (*Ergebnis der Erstbeprobung*).

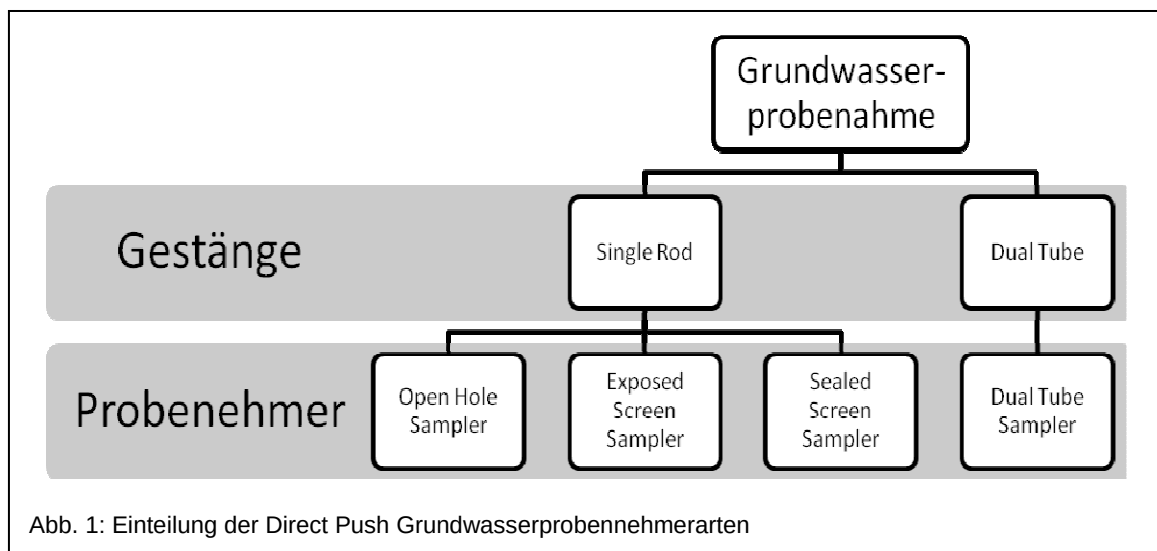
- Abzupumpendes Gesamtvolumen (V_F) - vor der Probenabfüllung abzupumpendes Bodenluftvolumen, dass bei jeder Probennahme einzuhalten ist (*Ergebnis der Erstbeprobung*)
- Wasserstand - Wasserstand vor und nach der Probennahme (*Ergebnis der Erstbeprobung*)
- Entnahmetiefe - Solltiefe der Grundwasserprobennahme, die vor jeder Grundwasserprobennahme zu prüfen ist
- Abpumpzeit - die Abpumpzeit ergibt sich aus $t_A = V_F / Q_P$
- R-DP - Reihenfolge der Beprobung.

2 Vorbereitung der Sondierung

Direct Push Grundwassermessstellen werden entweder nach dem Einbringen beprobt und wieder gezogen oder verbleiben nach dem Einbringen für ein kurzzeitiges Monitoring im Untergrund.

Für das Einbringen werden zur Angebotserarbeitung die voraussichtliche Schichtenfolge und der darauf begründete Einbau der Grundwassermessstellen (Sollzustand) übergeben. Falls solche Informationen nicht vorhanden sind, so sind diese im Vorfeld zu erheben (siehe Kap. 1.2). Falls diese vom AN erhoben werden, so ist dies in der LB mit LV anzugeben.

Aufgrund dieser Daten ist zur Angebotsunterbreitung ein geeigneter Grundwasserprobennehmer auszuwählen. Eine Übersicht über Grundwasserprobennehmer mit dazugehörigem Gestänge befindet sich in Abbildung 1. Hier ist ebenfalls festzulegen, ob kontinuierliche oder tiefenhorizontierte Probenahme verlangt wird (Entscheidungshilfe für die Auswahl des Probennehmers siehe Abbildung 2). Ferner soll das Angebot eine geeignete Grundwasserprobennahmetechnik (Pumpe) enthalten.



Die geringen Durchmesser schränken die Auswahl der Pumptechnik ein. Einsetzbar sind beispielsweise Schlauch oder Schüttelpumpen, aber auch spezielle Grundwasserprobennehmer mit integrierter Probenkammer bzw. Fördertechnik (s. Typenblatt, Anh. 4.3).

Im Vorfeld sind Leitungs- und Kampfmittelfreigaben einzuholen, auch Betretungsrechte für Grundstücke sind zu klären. Die Kosten für Genehmigungen und Freigaben sind mit zu kalkulieren.

Aufgrund der zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen sind entsprechend nach Sicherheits- und Gesundheitsschutz Maßnahmen zu erarbeiten und mit einzukalkulieren.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

3 Planung der Probennahme

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Grundwasserprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung.

Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_{PN} = t_A + t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA} \quad (1)$$

t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Grundwasserprobe in min

t_A - Gesamtzeit für das vor der Probennahme abzupumpende Filtervolumen (V_F / Q_P) in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min

t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min

t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Grundwasserprobe in min

t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Hier empfiehlt sich vor allem beim Einsatz als Kurzzeitmonitoringmessstelle ein Versuch zur Bestimmung des abzupumpenden Wasservolumens. Hierbei werden nach bestimmten Volumina Proben entnommen und analysiert. Nach einem bestimmten Volumen stellt sich eine Konstanz in den Messwerten ein, welches das anzupumpende Wasservolumen darstellt.

Es hat sich gezeigt, dass der 3-fache Austausch des gesamten Systemvolumens näherungsweise zur Abschätzung des abzupumpenden Wasservolumens herangezogen werden kann.

Folgende Gleichung kann dafür verwendet werden:

$$V_A = 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{PN}^2 \cdot L_{PN} + d_G^2 \cdot L_G + d_S^2 \cdot L_S) \quad (2)$$

V_A Auszutauschendes Volumen [m³]

L_{PN} Länge des Probennehmers [m]

L_G Länge des Gestänges [m]

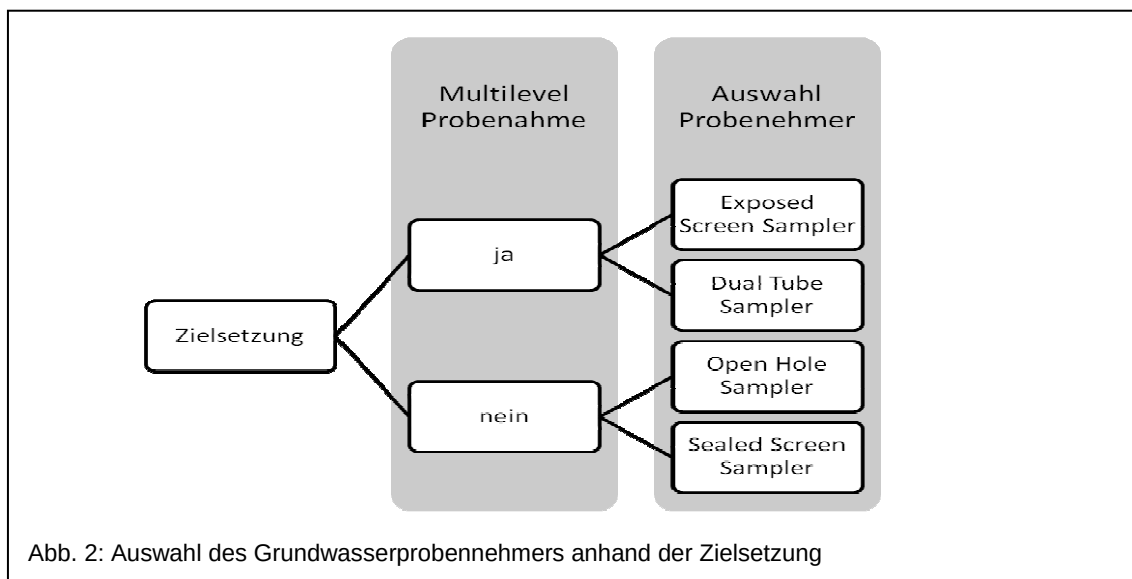
L_S Länge des Probennehmeschlauches [m]

d_{PN} Durchmesser des Probennehmers (s. Tabelle 1a) [m]

d_G Durchmesser des Gestänges [m]

d_S Durchmesser des Probennahmeschlauches [m]

Bestimmte Direct Push Probennehmer besitzen die Möglichkeit der Multilevel Probennahme. Hier können bei einer Sondierung in verschiedenen Tiefen Grundwasserproben genommen werden. Probennahmeverfahren, die Multilevelbeprobungen zulassen sind aus Abbildung 2 ersichtlich.



Bei der Berechnung des Zeitaufwandes für die Multilevel-Probennahme ist Gl. 1 entsprechend anzupassen, da ein Umsetzen des Sondiergeräts nicht nötig ist. Bestimmte Probennahmesysteme müssen jedoch vor erneutem Vorschub gezogen und manuell verschlossen werden. Diese Zeit ist mit einzuplanen.

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Grundwassers erfolgt auf der Grundlage der Gl. (2). Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf kontaminiertes Grundwasser besteht, sind der Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld möglichst vermieden wird.

Dazu ist vorzugsweise Sondier- und Probennahmetechnik in mehrfacher Ausführung einzusetzen. Falls dies nicht möglich ist und eine Dekontamination im Feld nötig sein sollte ist dieses in einem Dekontaminierungsprotokoll schriftlich festzuhalten.

Weiterhin sollten an einem Tag nur Grundwassermessstellen in Gebieten mit ähnlicher Wasserbeschaffenheit (hinsichtlich Wasserinhaltsstoffen, inkl. Kontaminanten) beprobt werden.

Die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Grundwasserbereiche beprobt werden. Als zusätzliches Kriterium sollte auf die geohydraulischen Gegebenheiten des zu beprobenden Grundwasserbereiches geachtet werden. Auf der Grundlage des prognostizierten messstellenspezifischen Zeitaufwandes, der für eine Grundwasserprobennahme erforderlich ist, ist zusätzlich die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen festzulegen. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

4 Grundwasserprobennahme

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Bei Grundwassermessstellen mit einer aufschwimmenden Phase ist die Grundwasserprobennahme mit einer Schutzverrohrung durchzuführen. Alternativ können auch geschlossene Grundwasserpro-

bennehmer zum Einsatz kommen. Im Angebot ist die vom AN Verfahrensweise für eine Grundwasserprobennahme mit Schutzverrohrung detailliert anzugeben.

Die Probennahme hat entsprechend den in Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) enthaltenen Vorgaben zu erfolgen.

Im Rahmen einer Erstbeprobung darf die Grundwasserprobennahme erst dann erfolgen, wenn:

- das gemäß Gl. (2) ermittelte auszutauschende Volumen dreifach abgepumpt wurde und
- die Konstanz der Milieuparameter (Sauerstoff, Redoxspannung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur) über 5 Minuten mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 10\%$ eingehalten wurde.

Während der Grundwasserprobennahme ist der Pumpenförderstrom unverändert zu belassen.

Im Rahmen der Grundwasserprobennahme aus Direct-Push Grundwassermessstellen (Wiederholungsmessungen) erfolgt die Probennahme erst dann, wenn:

- das entsprechend Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) messstellenspezifisch abzupumpende Filtervolumen abgepumpt wurde, wobei der Pumpenförderstrom unverändert bleibt.

Bei jeder Direct-Push Grundwasserprobennahme ist der Wasserstand in der Grundwassermessstelle vor und nach der Probennahme zu messen und zu protokollieren.

Direct Push Grundwassermessstellen, bei denen ein Verdacht auf Kontamination besteht, sind der Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anh. 5.3.1) zu entnehmen. Die Durchflussszelle für die Milieukennwerte ist so zu positionieren, dass die Probe davor entnommen wird.

Bei der Direct Push Grundwasserprobennahme erfolgt eine volumenabhängige Protokollierung der Messwerte. Zu protokollieren sind digital und im Echtzeitbetrieb:

- Temperatur
- pH-Wert
- Elektrische Leitfähigkeit
- Sauerstoffkonzentration sowie Sauerstoffsättigung
- Redoxspannung und
- Pumpenförderleistung.

Prinzipiell erfolgt die Entnahme jeder Grundwasserprobe mit der gleichen Pumpenförderleistung wie während der vorangehenden Abpumpphase, wobei das Abfüllen der Probenflaschen aus einem Bypass erfolgt, der vor der Durchflussszelle anzuordnen ist.

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe/Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllstand, Verschluss, Temperatur, Farbe, Trübung, Bodensatz, Ausgasungserscheinungen und pH-Wert in den mit Säure zu konservierenden Proben

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. die Leitkennwerte zum Zeitpunkt der Probennahme, das Ergebnis der organoleptischen und optischen Bewertung der Grundwasserprobe, eventuelle Ausgasungen und Bodensatz entsprechend den Mindestforderungen der DIN 38 402 Teil A13 notiert. Besonde-

res Augenmerk liegt auf Auffälligkeiten wie beispielsweise Luftblasen in der Leitung, die auf Undichtigkeiten hinweisen können.

Bei der Beprobung von hoch mineralisierten Grundwässern können sich Beläge auf den Messelektroden zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter bilden. Um Verfälschungen der Messwerte durch die o.g. Beläge zu vermeiden, sind zusätzlich zur arbeitstäglichen Kalibrierung die Elektroden nach jeder Beprobung solcher Grundwässer mit den mitzuführenden Kalibrierlösungen auf eine korrekte Messung hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu reinigen. Nach der Reinigung ist in jedem Fall eine erneute Kalibrierung durchzuführen. Die durchgeführte Reinigung und erneute Kalibrierung sind zu dokumentieren.

Nach Abschluss der Probennahme aus nicht zu Grundwassermessstellen ausgebauten Sondierkanälen sind diese mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung einzufüllen ist, vollständig zu verfüllen. Dabei wird die Schlauchleitung beginnend von der Sondierkanalteufe während der Verfüllung langsam nach oben gezogen, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Schlauchöffnung stets unterhalb der Suspensionsoberfläche befindet.

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der beprobten Grundwassermessstellen; an den Grundwassermessstellen festgestellte Mängel und daraus resultierende Konsequenzen hinsichtlich der Beprobbarkeit; besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Probennahmeprotokolle
 - Wasserstand in der Grundwassermessstelle vor und nach der Probennahme
 - Pumpenförderleistung
 - Temperatur
 - pH-Wert
 - elektrische Leitfähigkeit
 - Sauerstoffkonzentration sowie Sauerstoffsättigung und
 - Redoxspannung
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Messstellen
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Vor-Ort-Analytik

- Auswertung der Probennahme (grafische Auswertung der während der Abpump- und Probenahmephase aufgenommenen Werte für elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und Redoxspannung als Funktion der Zeit und der abgepumpten Filtervolumen (s. Anhang 4.1.1.1; Blatt 5 - 6)
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
- Beprobbarkeit der Grundwassermessstellen,
 - Zusammenstellung der zu planenden Wartungs-/Reparaturleistungen
 - Interpretation der Daten hinsichtlich einer strömungsrichtungsorientierten Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit im Vergleich zu Altdaten (alle erforderlichen Daten werden vom Auftraggeber übergeben), einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen.
5. Anlagen

6 Auswertung der Grundwasserprobennahme

Die Auswertung der Grundwasserprobennahme umfasst:

- die zeitliche Aufnahme des Pumpvolumenstroms und des Abpumpvolumens. Es ist dabei die Bezeichnung der Grundwassermessstelle sowie Monat/Jahr der Beprobung einzutragen
- die zeitliche und auf die ausgetauschten Filtervolumen bezogene Aufnahme der Leitkennwerte pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffgehalt in der Durchflussmesszelle
- Erstellung eines Probennahmeprotokolls.

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Sondierung bzw. der Beprobung von DP Grundwassermessstellen erfolgt arbeitsmäßig auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Probennahmeprotokolle
- Wasserstand in der Grundwassermessstelle (vorher, nachher)
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete Werte für:
 - Pumpenförderleistung (dabei sind alle Teilströme zu erfassen: Bypass, Durchflussszelle und Probennahme)
 - Temperatur
 - pH-Wert
 - elektrische Leitfähigkeit
 - Sauerstoffkonzentration sowie Sauerstoffsättigung
 - Redoxspannung
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten Grundwassermessstellen
- Plausibilität der messstellenspezifisch eingestellten Förderleistung zur Wasserspiegelabsenkung,

- Einhaltung des geplanten Abpumpvolumens ($\pm 10\%$),
- Einhaltung der Einbautiefe der Probennahmepumpe ($\pm 0,1$ m),
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere Sauerstoffgehalt/Redoxspannung) und
- Entsorgungsnachweise für kontaminiertes Grundwasser.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Vorbemerkung			
	Die Grundwasserprobennahme hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Sondier- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Sondier- und Probennahmetechnik, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
2	Vorbereitung der Sondierung			
	Prüfung des Planareals auf Wegsamkeit. Dabei ist besonders auf: – Überlandleitungen zu achten – Einholung bodenkundlicher/geologischer Informationen – Einholen von Genehmigungen und Unterlagen wie Schachtscheine, Leitungs- und Kampfmittelfreigaben und Sicherstellung der Zugangsgenehmigung des Areals – Bestimmung eines geeigneten Grundwasserprobenehmers, Speichergefäßes und ggf. vor Ort Analytik für das Untersuchungsziel, falls nicht vom Auftraggeber ein bestimmter Typ vorgesehen ist. – Prüfung auf Durchführbarkeit der Sondierung unter den gegebenen, obig ermittelten Rahmenbedingungen.			
3	Planung der Grundwasserprobennahme			
	Planung der Direct Push Grundwasserprobennahme gemäß Leistungsbeschreibung, insbesondere in folgenden Punkten: – die Tagesleistung und somit die Gesamtdauer der Grundwasserprobennahme(n) sind abzuschätzen – Festlegung des Ablaufs bzw. der Reihenfolge der Sondierungen und der Grundwasserprobennahme anhand der Planungswerte – Planung des zu entsorgenden kontaminierten Wasservolumens – Festlegung von Maßnahmen zum Arbeitsschutz anhand der Planungswerte			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
4a	Durchführung der Sondierung und der Grundwasserprobennahme			
	Durchführung der Direct Push <u>Sondierung</u> zur Grundwasserprobennahme entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 1 (Erstbe- probung/ Erstcharakterisierung) zu entnehmen. Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – Grundwasserproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen oder ggf. einer vor Ort Analytik zuzuführen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen – Dekontaminationsprotokoll, das durchgeführte Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße gemäß LB			
4b	Durchführung von Grundwasserproben- nahmen aus Direct-Push-Grundwasser- messstellen			
	Durchführung der Grundwasserprobennahme aus Direct-Push-Grundwassermessstellen entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 2 (Wiederholungsbeprobung) zu entnehmen. Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der in Tabelle 2 enthaltenen Vorgaben. – Grundwasserproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen. – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Dekontaminationsprotokoll, welches die durchgeführten Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße gemäß LB			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
	Entsorgung des kontaminierten Wassers, einschließlich Entsorgungsnachweis.			
	Vollständiges Verfüllen der gesamten Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung gemäß LB einzufüllen ist.			
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.			
5	Bericht			
	Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen.			
6	Tagelohnarbeiten als EP			
6.1	Technik und Mannschaft Stundenlohnarbeit für die Technik und Mannschaft auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.2	Techniker/ Technikerin Stundenlohnarbeit für einen/eine Techniker/-in auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.3	Diplomierter Mitarbeiter/ diplomierte Mitarbeiterin Stundenlohnarbeit für einen/eine diplomierten Mitarbeiter/ Mitarbeiterin auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
Zwischensumme Tagelohnarbeiten				

Anlagen zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung und die Wiederholungsbeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.1)
- Anlage 2 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 3 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 4 : Beispiel für Probennahmeprotokoll – Grundwasser (siehe Anhang 4.3.3.1)

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
4a	Durchführung der Sondierung und der Grundwasserprobennahme			
	Durchführung der Direct Push <u>Sondierung</u> zur Grundwasserprobennahme entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 1 (Erstbe- probung/ Erstcharakterisierung) zu entnehmen. Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – Grundwasserproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen oder ggf. einer vor Ort Analytik zuzuführen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen – Dekontaminationsprotokoll, das durchgeführte Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße gemäß LB			
4b	Durchführung von Grundwasserproben- nahmen aus Direct-Push-Grundwasser- messstellen			
	Durchführung der Grundwasserprobennahme aus Direct-Push-Grundwassermessstellen entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 2 (Wiederholungsbeprobung) zu entnehmen. Grundwasserprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Grundwasserproben erfolgt auf der Grundlage der in Tabelle 2 enthaltenen Vorgaben. – Grundwasserproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen. – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen. – Dekontaminationsprotokoll, welches die durchgeführten Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße gemäß LB			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
	Entsorgung des kontaminierten Wassers, einschließlich Entsorgungsnachweis.			
	Vollständiges Verfüllen der gesamten Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung gemäß LB einzufüllen ist.			
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.			
5	Bericht			
	Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Grundwassermessstellen.			
6	Tagelohnarbeiten als EP			
6.1	Technik und Mannschaft Stundenlohnarbeit für die Technik und Mannschaft auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.2	Techniker/ Technikerin Stundenlohnarbeit für einen/eine Techniker/-in auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.3	Diplomierter Mitarbeiter/ diplomierte Mitarbeiterin Stundenlohnarbeit für einen/eine diplomierten Mitarbeiter/ Mitarbeiterin auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
Zwischensumme Tagelohnarbeiten				

Anlagen zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung und die Wiederholungsbeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.1)
- Anlage 2 : Schichten- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anlage 3 : Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Grundwasserprobennahme
- Anlage 4 : Beispiel für Probennahmeprotokoll – Grundwasser (siehe Anhang 4.3.3.1)

Kalkulationsgrundlage für Direct Push Sondierung mit Grundwasserprobennahme

Objekt:

Tabelle 1 zum Leistungsverzeichnis - Direct Push Sondierung mit Grundwasserprobennahme

Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Grundwasser- probennehmer	Tiefe (m)	Filterlage (m)	Q _p in L/min	V _F in L	Kontaminations- verdacht	Bodenbe- schaffenheit	Bemerkungen

Q_p: Pumpenförderleistung

V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Grundwasservolumen

Tabelle 2 zum Leistungsverzeichnis - Grundwasserprobennahme aus Direct Push Grundwassermessstellen

Messstellen- name	Rechtswert	Hochwert	Grundwasser- probennehmer	Q _p in L/h	V _F in L	Wsp.v/n in m	Entnahme- tiefe in m	t _A in min	R-DP	Bemerkungen

Q_p: Pumpenförderleistung

V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Wasservolumen

Wsp. v/n: Wasserspiegel vor und nach der Probennahme

t_A: Abpumpzeit

R-DP: Reihenfolge der Beprobung

Anhang 5.3.2

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Direct Push-Verfahren

Bodenprobennahme

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNGEN MIT LEISTUNGSVERZEICHNISSEN
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Direct Push-Verfahren
Bodenprobennahme**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
1.1	Direct Push-Technologie (allgemein).....	3
1.2	Direct Push „Bodenprobennahme“	3
2	Vorbereitung der Sondierung	4
3	Planung der Probennahme	6
4	Tagesberichte	9
5	Auswertung der Bodenprobennahme	9
6	Abnahme der Leistungen	9
7	Literatur.....	10
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	11

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Direct Push Bodenprobennahme unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter, Anh. 4.3). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen.

Im nachfolgenden Textteil wird zwischen den Informationen für die Bearbeiterin bzw. den Bearbeiter der Ausschreibungsunterlagen und den ausschreibungsrelevanten Forderungen unterschieden. Die Informationen sind im *kursiven Textformat* ausgeführt.

1.1 Direct Push-Technologie (allgemein)

Der Leistungsbereich der Direct Push (DP) Sondierungen umfasst die Teilgebiete Probennahme und in Situ Analytik. Die Probennahme beinhaltet Boden-, Wasser und Bodenluftprobennahme. Die in Situ Analytik unterteilt sich in hydraulische, geotechnische, geophysikalische und geochemische Methoden.

Direct Push bietet damit ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für unterschiedliche Stufen eines Projektes. Je nach den Anforderungen eines Projekts und dessen Zielsetzung ist demnach eine passende Methode bzw. Methodenkombination auszuwählen.

Die Wasser- und Bodenluftprobenahme bietet zusätzlich die Möglichkeit, dass bestimmte Probennehmer für Monitoringzwecke im Boden verbleiben oder Sondierkanäle zu Messstellen ausgebaut werden können.

1.2 Direct Push „Bodenprobennahme“

Die Direct Push Bodenprobennahme kann kontinuierlich oder in diskret durchgeführt werden, je nach Zielsetzung der Untersuchung. Für eine qualitativ hochwertige Direct Push Bodenprobennahme sollten im Vorfeld Informationen über den Untergrundaufbau vorhanden sein. Diese Informationen können einerseits aus vorangegangenen Direct Push Untersuchungen bzw. anderen bodenkundlichen Untersuchungen stammen. Falls im Vorfeld keine Informationen zum Untergrundaufbau vorhanden sind, so sind diese im Rahmen der Bodenprobennahme vorab zu erheben. Dazu eignen sich geotechnische und hydraulische in Situ DP Methoden, geophysikalische Untersuchungen oder konventionelle bodenkundliche Verfahren.

Zur Planung einer DP Bodenprobennahme sollten auch Erkenntnisse über zu erwartende Schadstoffkontaminationen und deren Lage bekannt sein. Dies ist ebenfalls mit Hilfe vorangegangener Untersuchungen möglich, andernfalls sind diese Daten im Vorfeld beispielsweise durch andere Untersuchungsmethoden (z.B. mit schadstoffdetektierenden in Situ DP Methoden) zu erheben.

Der Auftragnehmer muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Probennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers (AN). Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

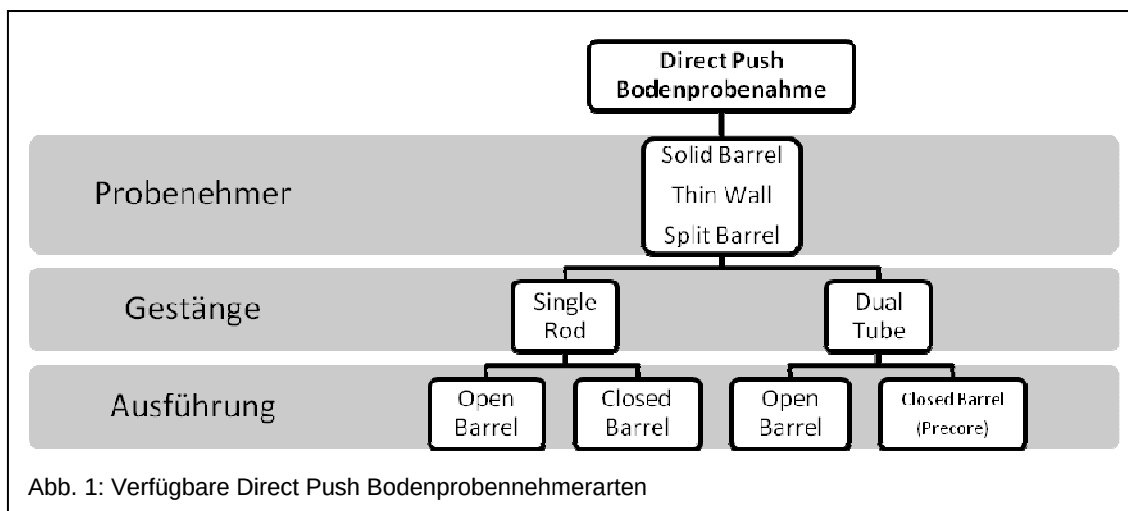
Die Tabelle 1 enthält alle für die Planung und Durchführung der Direct Push Bodenprobennahme erforderlichen Angaben, mit folgenden verbindlichen Punkten:

- Messstellenname - jede Sondierung bzw. Messstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Messstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das Bezugsmesssystem des AG
- Bodenprobennehmer - die Art des Bodenprobennehmers, der verwendete Gestängedurchmesser werden vorgegeben (s.a. Abb. 1)
- Tiefe - die Tiefe ist gleich der Tiefe der zu entnehmenden Probennahme
- Kontaminationsverdacht - Angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenerkundung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bodenbeschaffenheit - sofern bekannt sind für Direct Push Sondierungen problematische Gegebenheiten festzuhalten; dazu gehören grobe Einlagerungen bzw. Gesteinsschichten, die problematisch für Sondierungen sein können
- R-PN - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen.

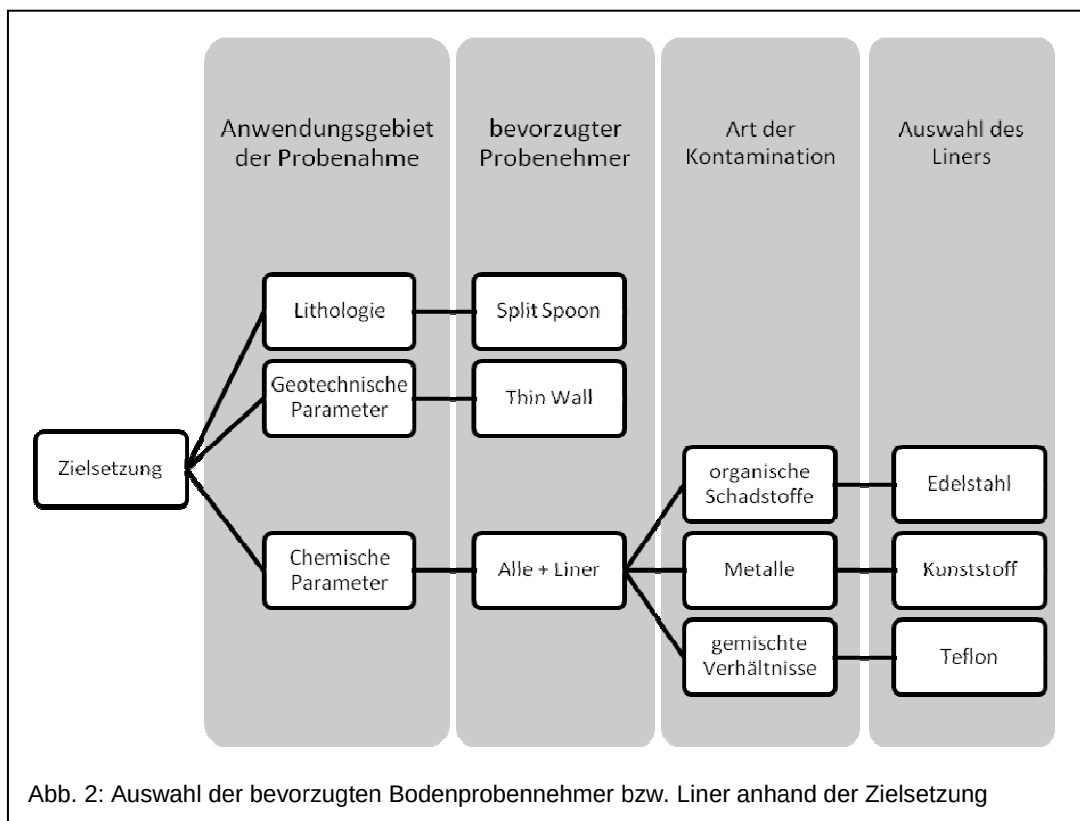
2 Vorbereitung der Sondierung

Im Vorfeld sind Informationen zum Untergrundaufbau und den eventuell zu erwartenden Kontaminationen einzuholen.

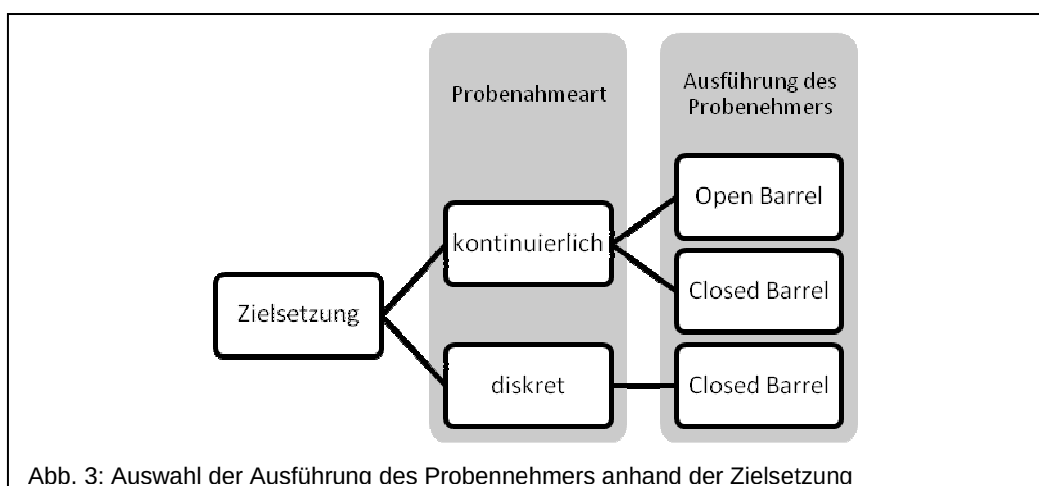
Aufgrund dieser Daten ist zur Angebotsunterbreitung ein geeigneter Bodenprobennehmer auszuwählen. Eine Übersicht über die verfügbaren Direct Push Bodenprobennehmer, das Gestänge und der Ausführungen ist aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich. An dieser Stelle ist je nach Zielsetzung festzulegen, ob eine kontinuierliche oder diskrete Probennahme verlangt wird. Kontinuierliche Bodenprobennahme eignet sich besser für einen Gesamtüberblick, während diskrete Probennahme vorwiegend zur gezielten Informationsverdichtung eingesetzt wird.



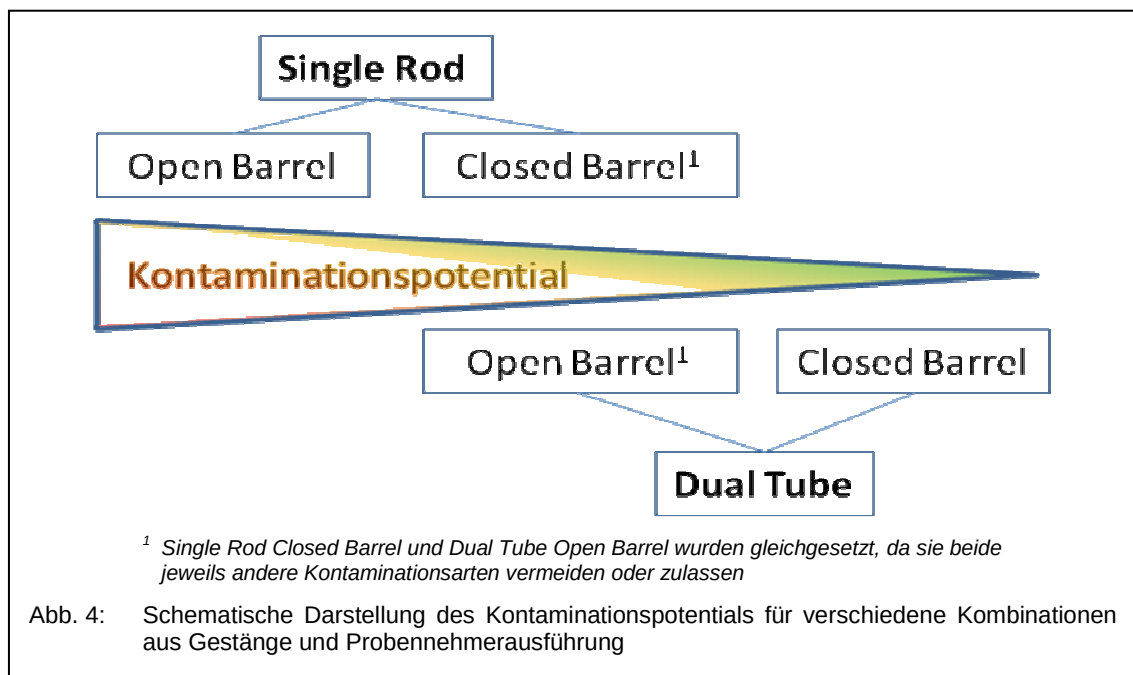
Die Auswahl des Probennehmers richtet sich nach der Zielsetzung der Probennahme. So sind für lithologische Beschreibungen oder zur Ermittlung geotechnischer und chemischer Parameter unterschiedliche Probennehmer bevorzugt zu verwenden. Falls die Ermittlung chemischer Parameter angestrebt wird, so ist auch auf die Wahl des Liners zu achten. Eine Übersicht über die bevorzugte Auswahl von Probennehmern und Linern in Abhängigkeit von der Zielsetzung der Untersuchung befindet sich in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**



Die Wahl der Ausführung des Probennehmers richtet sich nach der Probennahmeart. Je nach dem, ob kontinuierliche oder diskrete Probennahme angestrebt wird, eignen sich unterschiedliche Ausführungen der Probennehmer (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).



Aufgrund der zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen sind entsprechende Sicherheits- und Gesundheitsschutz Maßnahmen zu erarbeiten und mit einzukalkulieren. Für qualitativ hochwertige Bodenproben ist auch das Kontaminationspotential durch Schadstoffverschleppung und Querkontaminationen möglichst gering zu halten. Anhaltspunkte für die Auswahl des Gestänges und der Ausführung des Probennehmers sind in Abbildung 4 ersichtlich.



Weiterhin ist unbedingt darauf zu achten, dass der Innendurchmesser des Bodenprobennahmesystems stets kleiner als das 5-Fache des maximalen Korndurchmessers sein muss.

Im Vorfeld der Direct Push Bodenprobennahme sind Leitungs- und Kampfmittelfreigaben einzuholen, auch Betretungsrechte für Grundstücke sind zu klären. Die Kosten für Genehmigungen und Freigaben sind mit zu kalkulieren.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen

3 Planung der Probennahme

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Direct Push Bodenprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung.

Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_{PN} = t_{EA} + t_U + t_{AP} + t_{VA}$$

t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenprobe in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahmetechnik in min

t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min

t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen und Präparieren der Bodenprobe in min

t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik (falls vorgesehen) in min

Die Kostenplanung für die Entsorgung kontaminierten Bodenmaterials erfolgt auf der Grundlage der Gl. (2).

$$V_{PN} = \frac{100\pi}{4} \cdot d_{PN}^2 \cdot T \quad (2)$$

V_{PN} = Probennahmenvolumen [m^3]

d_{PN} = Innendurchmesser des Probennehmers [cm]

T = Sondiertiefe bzw. Summe der geplanten Sondiermeter [m]

Zur Bestimmung der Masse des Bodenmaterials in kg kann eine Dichte von 1.600 kg/m^3 angenommen werden und mit dem Probenvolumen multipliziert werden. Als Anhaltspunkt ist es möglich, den Anteil an gewinnbarer Probenmenge in Tabelle 1 heranzuziehen.

Tab. 1: Gewinnbare Probenmengen in Abhängigkeit vom Sondendurchmesser bei 1 Meter Sondenlänge (Quelle: [1])

Außendurchmesser der Sonde (mm)	Gewinnbare Probenmenge (kg)
80	3,5 – 4,2
60	1,4 – 1,9
50	0,7 – 1,0

Es ist zu beachten, dass der Innendurchmesser des Bodenprobennehmers mindestens das 5-Fache des Größtkorndurchmessers betragen muss.

Direct Push Bodenprobennahmestellen, bei denen ein Verdacht auf Kontamination besteht, sind der Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.2) zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Bodenbereiche hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld möglichst vermieden wird.

Die Reihenfolge der Direct Push Bodenprobennahmen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Areale beprobt werden. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der Direct Push Bodenprobennahmen vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

Je nach Zielsetzung der Bodenprobennahme ist ein entsprechender Bodenprobennehmer auszuwählen. Hinweise siehe Kapitel 2.

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Die Probennahmen werden immer von zwei Personen durchgeführt. Davon muss ein Mitarbeiter eine geologische Qualifikation und/oder mehrjährige Erfahrung auf diesem Gebiet aufweisen.

Die einschlägigen Vorkehrungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz sind einzuhalten.

Art der Proben:

Einzelprobe: Proben von einem Probennahmepunkt, welche eine gesamte Schicht, einen gesamten Horizont oder einen Teil davon repräsentieren

Mischprobe: Probe, die sich aus mehreren Einzelproben zusammensetzt, welche entsprechend der Aufgabenstellung gezielt entnommen und vereinigt werden

steril zu entnehmende

Proben: werden mit einem im Labor sterilisierten Stechrohr entnommen

Die Entnahme gestörter Feststoffproben erfolgt in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung, dem Untersuchungsumfang und der erwarteten Inhomogenität der zu untersuchenden Feststoffeigenschaften.

Nach dem die Probennahmesonde gezogen und auf dem Tisch abgelegt wurde, werden sofort folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- entfernen von Feststoffen, die eine Kontaminationsverschleppung in den zu analysierenden Proben verursachen könnten
- entfernen des Feststoffs vom Tisch
- entlang des Bodenkerns wird der Gliedermaßstab gelegt
- fotografische Aufnahme des Bodenkerns
- Aufnahme der Stratigraphie
- schichtweise Entnahme von Feststoffproben aus dem Kernbereich, um Kontaminationsverschleppungen, die sich an der Sondeninnenwand befinden, auszuschließen
- Abfüllen der Feststoffproben in die beschrifteten Probengefäße.

Wird ein Kernverlust von > 20 % festgestellt, so ist die Sondierung zu wiederholen.

Die Entnahme der Proben erfolgt unmittelbar aus dem Probennehmer bzw. einem Liner unter Berücksichtigung des Schichtenaufbaus. Gegebenenfalls werden zunächst mehrere Proben entnommen und in Abhängigkeit vom Schichtenaufbau erfolgt nach der Kernaufnahme die Auswahl der Proben für die Analytik.

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße, einschl. bereits enthaltener Konservierungsmittel
- analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Füllgrad, Verschluss, Temperatur und Farbe

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

Nach Abschluss der Probennahme sind alle Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung einzufüllen ist, vollständig zu verfüllen. Dabei wird die Schlauchleitung beginnend von der Sondierkanalendteufe während der Verfüllung langsam nach oben gezogen, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Schlauchöffnung stets unterhalb der Suspensionsoberfläche befindet.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. folgende Daten festgehalten:

- Probenbezeichnung
- Hoch- und Rechtswert der Probennahmepunkte bzw. -flächen
- meteorologische Bedingungen
- organoleptische und optische Bewertung
- Probennahmepunkte, -intervalle, -tiefe im Profil
- Beschreibung von Art, Lage und Verteilung von Fremdmaterialanteilen, Hinweise auf Kontaminationen, Auffälligkeiten usw.
- Probennahmeart (Einzelprobe, Mischprobe)

- Probenahmegeräte (Material)
- Angaben zu Probengefäßen und zur Probenkonservierung
- Angaben zu Untersuchungen vor Ort.

4 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der durchgeführten Sondierungen
- Probennahmeprotokolle
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Sondierpunkte
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Ggf. Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
5. Anlagen

5 Auswertung der Bodenprobennahme

Bodenprobennahmen können zur Ermittlung lithologischer oder chemischer Daten sowie geotechnischer Parameter eingesetzt werden. Die Auswertung der Bodenprobennahme erfolgt je nach Zielsetzung. Die Auswertung erfolgt in Rücksprache mit dem Auftraggeber und umfasst beispielsweise Schichtenverzeichnisse, Kornverteilungskurven, k_f -Wert Bestimmungen oder chemische Analysen.

6 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Sondierung bzw. der Beprobung erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte.

- Probennahmeprotokolle
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht.

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der Bodenprobennahmen
- Einhaltung der Forderung, dass der Innendurchmesser des Bodenprobennahmesystems stets kleiner als das 5-Fache des maximalen Korndurchmessers sein muss
- Einhaltung des Kernverlustes von kleiner 20%
- Nachweis über die vollständige Verfüllung der Sondierkanäle
- Plausibilität
- Einhaltung der Probennahmetiefe
- Entsorgungsnachweise für kontaminierten Aushub.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

7 Literatur

- [1] Anforderungen an Probenahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften
Oberfinanzdirektion (OFD) Hannover und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) vom 15.09.1995; Neufassung: 17.05.2000; 2. aktualisierte Fassung der Anforderungen: 10/2008; <http://www.dap.de/95doc/Anforderungen%20BAM-OFD-H.pdf>

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Vorbemerkung			
	Die Bodenprobennahme (Direct Push) hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Sondier- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Sondier- und Probennahmetechnik, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
2	Vorbereitung der Sondierung			
	Prüfung des Planareals auf Wegsamkeit. Dabei ist besonders auf Überlandleitungen zu achten. – Einholung bodenkundlicher Informationen – Einholen von Genehmigungen und Unterlagen wie Schachtscheine, Leitungs- und Kampfmittelfreigaben und Sicherstellung der Zugangsgenehmigung des Areals – Bestimmung eines geeigneten Bodenprobennehmers, Speichergefäßes und ggf. Vor-Ort-Analytik, falls nicht vom Auftraggeber ein bestimmter Typ vorgesehen ist. – Prüfung auf Durchführbarkeit der Sondierung unter den gegebenen, obig ermittelten Rahmenbedingungen.			
3	Planung der Bodenprobennahme			
	Planung der Direct Push Bodenprobennahme gemäß Leistungsbeschreibung, insbesondere in folgenden Punkten: – die Tagesleistung und somit die Gesamtdauer der Bodenprobennahme(n) sind abzuschätzen – Festlegung des Ablaufs bzw. der Reihenfolge der Sondierungen und der Bodenprobennahme anhand der Planungswerte – Festlegung von Maßnahmen zum Arbeitsschutz anhand der Planungswerte.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
4	Durchführung der Sondierung und der Bodenprobennahme			
	Direct Push Sondierung zur Bodenprobenahme entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probenahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Bodenprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Bodenproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – Bodenproben sind in geeignete, je nach Anforderungen vorgekühlte Probengefäße abzufüllen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen – Dekontaminationsprotokoll, das durchgeführte Reinigungsarbeiten enthält.			
	Vollständiges Verfüllen der gesamten Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung gemäß Leistungsbeschreibung einzufüllen ist.			
	Entsorgung des kontaminierten Bodens mit Entsorgungsnachweis.			
	Übernahme/Übergabe der Probengefäße, einschl. Anfertigung eines Übergabe-/Übernahmeprotokolls mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen gemäß LB.			
	Bericht			
	Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzel- preis	Gesamtpreis
6	Tagelohnarbeiten als EP			
6.1	Technik und Mannschaft Stundenlohnarbeit für die Technik und Mannschaft auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	1 h		
6.2	Techniker/ Technikerin Stundenlohnarbeit für einen/eine Techniker/-in auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	1 h		
6.3	Diplomierter Mitarbeiter/ diplomierte Mitarbeiterin Stundenlohnarbeit für einen/eine diplomierten Mitarbeiter/ Mitarbeiterin auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	1 h		
Zwischensumme Tagelohnarbeiten				

Anlagen zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

- Anlage 1: Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2: Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung und die Wiederholungsbeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.2)
- Anlage 3: Schichtenprofile der Bodenprobennahmestellen
- Anlage 4: Verbindliche Vorgaben zur Auswertung der Bodenprobennahme
- Anlage 5: Beispiel für Probennahmeprotokoll – Bodenprobennahme (z.B. siehe Anlage 1 zum Anhang 4.3.5.1)

Kalkulationsgrundlage für Direct Push Sondierung mit Bodenprobennahme

Objekt:

Tabelle 1 zum Leistungsverzeichnis - Direct Push Sondierung mit Bodenprobennahme

Messtellen- name	Rechtswert	Hochwert	Bodenproben- nehmer	Tiefe (m)	Kontaminations- verdacht	Bodenbe- schaffenheit	R-DP	Bemerkungen

R-DP: Reihenfolge der Beprobung

Anlage 5.3.3

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Direct Push-Verfahren

Bodenluftprobennahme

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNGEN MIT LEISTUNGSVERZEICHNISSEN
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Direct Push-Verfahren
Bodenluftprobennahme**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
1.1	Direct Push-Technologie (allgemein).....	3
1.2	Direct Push Bodenluftprobennahme	3
2	Vorbereitung der Sondierung	4
3	Planung der Probennahme	6
4	Durchführung der Bodenluftprobennahme.....	7
5	Tagesberichte	9
6	Auswertung der Bodenluftprobennahme	9
7	Abnahme der Leistungen	10
8	Leistungsverzeichnis	11

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Direct Push Bodenluftprobennahme unter dem ausschließlichen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen.

Im nachfolgenden Textteil wird zwischen den Informationen für die Bearbeiterin bzw. den Bearbeiter der Ausschreibungsunterlagen und den ausschreibungsrelevanten Forderungen unterschieden. Die Informationen sind im *kursiven Textformat* ausgeführt.

1.1 Direct Push-Technologie (allgemein)

Der Leistungsbereich der Direct Push (DP) Sondierungen umfasst die Teilgebiete Probennahme und in Situ Analytik. Die Probennahme beinhaltet Boden-, Wasser und Bodenluftprobennahme. Die in Situ Analytik unterteilt sich in hydraulische, geotechnische, geophysikalische und geochemische Methoden.

Direct Push bietet damit ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für unterschiedliche Stufen eines Projektes. Je nach den Anforderungen eines Projekts und dessen Zielsetzung ist demnach eine passende Methode bzw. Methodenkombination auszuwählen.

Die Wasser- und Bodenluftprobennahme bietet zusätzlich die Möglichkeit, dass bestimmte Probenahmegeräte für Monitoringzwecke im Boden verbleiben oder Sondierkanäle zu Messstellen ausgebaut werden können.

1.2 Direct Push Bodenluftprobennahme

Die Direct Push Bodenluftprobennahme kann kontinuierlich oder in diskret durchgeführt werden, je nach Zielsetzung der Untersuchung. Für eine qualitativ hochwertige Direct Push Bodenluftprobennahme sollten im Vorfeld Informationen über den Untergrundaufbau vorhanden sein. Diese Informationen können einerseits aus vorangegangenen Direct Push Untersuchungen bzw. anderen bodenkundlichen Untersuchungen stammen. Falls im Vorfeld keine Informationen zum Untergrundaufbau vorhanden sind, so sind diese im Rahmen der Bodenluftprobennahme vorab zu erheben. Dazu eignen sich geotechnische und geophysikalische Untersuchungen, alternative Direct Push Bodenprobenahmen oder konventionelle bodenkundliche Verfahren.

Zur Planung einer DP Bodenluftprobennahme sollten auch Erkenntnisse über zu erwartende Schadstoffkontaminationen und deren Lage bekannt sein. Dies ist ebenfalls mit Hilfe vorangegangener Untersuchungen möglich, andernfalls sind diese Daten im Vorfeld beispielsweise durch andere Untersuchungsmethoden wie Boden- oder Grundwasserprobenahmen oder schadstoffdetektierende in Situ DP Methoden zu erheben.

Der Auftragnehmer (AN) muss sowohl für die analytischen Leistungen als auch für die Probennahme nach der DIN EN ISO/ IEC 17025: 2005 für alle im Rahmen dieser Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis aufgeführten Leistungen akkreditiert bzw. zertifiziert sein. Das gilt auch für alle Nachauftragnehmer (NAN) des Auftragnehmers (AG). Dieser Nachweis ist dem Angebot beizufügen.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen.

Die Tabellen 1 und 2 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) enthalten alle für die Planung der Probennahme (Direct Push Sondierung mit Bodenluftprobennahme) bei einer Erstbeprobung/Erstcharakterisierung

bzw. Wiederholungsbeprobung erforderlichen Angaben. Tabelle 1 enthält folgende verbindliche Punkte:

- Messstellenname - jede Sondierung bzw. Messstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Messstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das Bezugsmesssystem des AG
- Bodenluftprobennehmer - die Art des Bodenluftprobennehmers, der verwendete Gestängedurchmesser bzw. Schlauchdurchmesser und die Schlauchlänge
- Tiefe - die Tiefe ist gleich der Tiefe der Unterkante des Probennehmers
- Filterlage - aus der Filterlage sind Ober- und Unterkante der Filterstrecke zu entnehmen
- Volumenstrom (QP) - Geplanter Sollvolumenstrom, der gegebenenfalls während der Beprobung anzupassen ist
- Abzupumpendes Gesamtvolumen (VF) - vor der Probenabfüllung abzupumpendes Bodenluftvolumen, dass entsprechend des Verlaufes der Leitkennwerte (O_2 , CO_2 , CH_4) anzupassen ist
- Kontaminationsverdacht - angegeben werden die auf der Grundlage der Altlastenerkundung erwarteten oder/und die bereits bisher analysierten Kontaminanten
- Bodenbeschaffenheit - sofern bekannt sind für Direct Push Sondierungen problematische Gegebenheiten festzuhalten; dazu gehören grobe Einlagerungen bzw. Gesteinsschichten, die problematisch für Sondierungen sein können.

Tabelle 2 gilt nur für die Beprobung von Direct Push Bodenluftmessstellen (Wiederholungsbeprobung). Folgende Bezeichnungen sind enthalten:

- Messstellenname - jede Sondierung bzw. Messstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Messstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das Bezugsmesssystem des AG
- Bodenluftprobennehmer - die Art des zu verwendenden Bodenluftprobennehmers, der verwendete Gestängedurchmesser bzw. Schlauchdurchmesser und die Schlauchlänge
- Volumenstrom (Q_P) - der Sollvolumenstrom während der Beprobung, der einzuhalten ist (Ergebnis der Erstbeprobung)
- abzupumpendes Gesamtvolumen (V_F) - Vor der Probenabfüllung abzupumpendes Bodenluftvolumen, dass bei jeder Probennahme einzuhalten ist (*Ergebnis der Erstbeprobung*)
- Unterdruck ($-\Delta p$) - Unterdruck, der während der Beprobung einzuhalten ist (Ergebnis der Erstbeprobung)
- Entnahmetiefe - Solltiefe der Bodenluftprobennahme, die vor jeder Bodenluftprobennahme zu prüfen ist
- Abpumpzeit - die Abpumpzeit ergibt sich aus $t_A = V_F / Q_P$
- R-DP - Reihenfolge der Beprobung
- Bemerkungen.

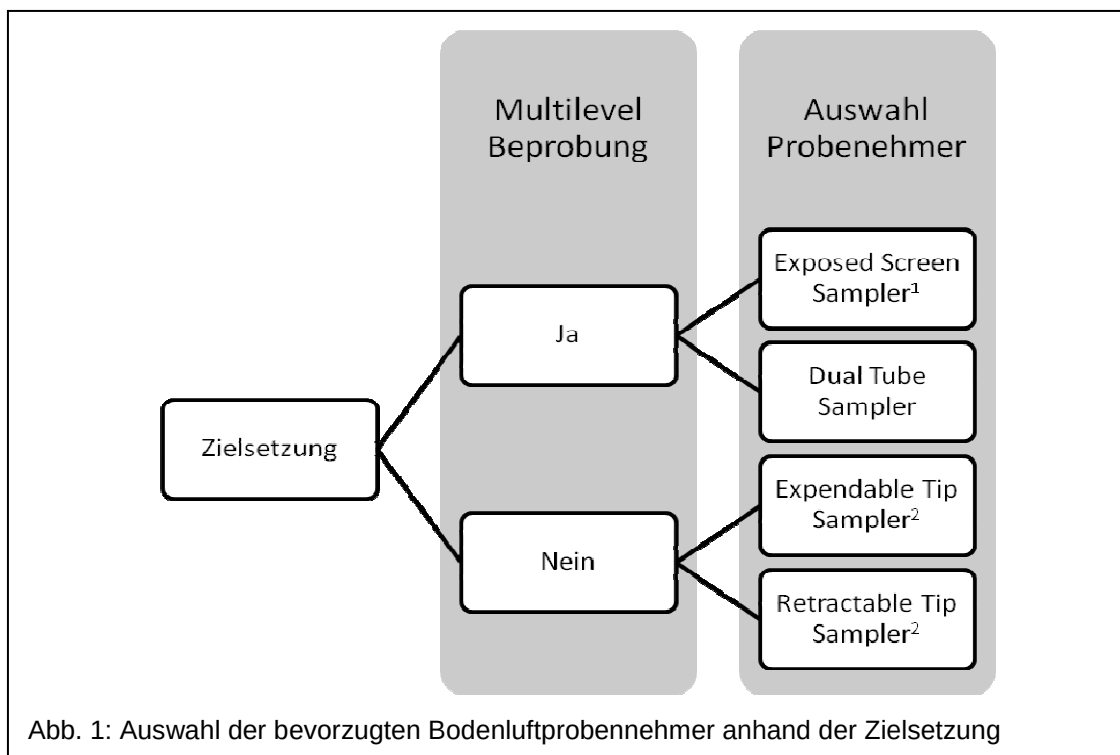
2 Vorbereitung der Sondierung

Im Vorfeld sind Informationen zum Untergrundaufbau und den eventuell zu erwartenden Kontaminationen einzuholen.

Aufgrund dieser Daten ist zur Angebotsunterbreitung für eine Erstbeprobung ein geeigneter Bodenluftprobennehmer auszuwählen und zu begründen. Folgende Bodenluftprobennehmer sind für Direct Push Anwendungen verfügbar:

- *Expendable Tip Sampler*: Bodenluftprobennehmer mit verlorener Spitze
- *Retractable Tip Sampler*: Bodenluftprobennehmer mit rückziehbarer Spitze; Freilegung der Filterstrecke in Zieltiefe durch Zurückziehen.
- *Exposed Screen Sampler*: Bodenluftprobennehmer mit freiliegendem, ungeschützten Filterelement
- *Dual Tube Sampler*: Bodenluftprobennehmer mit Schutzrohr

An dieser Stelle ist je nach Zielsetzung von der ausschreibenden Stelle festzulegen, ob kontinuierliche oder diskrete Probennahme verlangt wird. Kontinuierliche Bodenluftprobennahme eignet sich besser für einen Gesamtüberblick, während diskrete Probennahme vorwiegend zur gezielten Informationsverdichtung eingesetzt wird. Nicht alle Probennehmer eignen sich für Probennahmen in mehreren Teufen (Multilevelprobennahme). Die Auswahl des Probennehmers in Abhängigkeit des Untersuchungsziels, ob Multilevelprobennahme durchgeführt werden soll oder nicht ist in Abbildung 1 ersichtlich.



Die nachfolgende Auflistung enthält die Untersuchungsaufgaben, die mit Hilfe einer Bodenluftuntersuchung bearbeitet werden können.

- I. Ermittlung der Art eines Schadens (Substanzen; Größenordnung der Konzentrationen)
- II. Lokalisierung von Eintragsstellen bzw. Schadenszentren
 - a) gezielte Erkundung auf Grund vorliegender Erkenntnisse über Nutzungsgeschichte und Handlungsabläufe

b) Untersuchung von Flächen ohne konkrete Hinweise auf mögliche Eintragsstellen (Rasteruntersuchungen)

III. Übersicht über die Ausbreitung eines Schadens in Tiefe und Fläche

IV. Kartierung von Grundwasserverunreinigungen

Für die Untersuchungsbereiche IIa und III kann der Konzentrationsbereich zwischen 1 mg/m^3 und $>100 \text{ g/m}^3$ liegen. Hier sind bevorzugt Probennahmeverfahren ohne Anreicherung einzusetzen, beispielsweise Direktmessung unter Verwendung von Gassammelgefäßen oder Vor-Ort-Analytik.

Für die Untersuchungsbereiche IIb und IV müssen auch geringe Konzentrationen ($<0,1 \text{ mg/m}^3$) erfasst werden und differenzierbar sein. Dazu sind Verfahren mit Anreicherung notwendig, z.B. Adsorption an Aktivkohle oder XAD-Harz.

Aufgrund der zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen sind entsprechende Sicherheits- und Arbeitsschutz Maßnahmen zu erarbeiten und mit einzukalkulieren.

Im Vorfeld der Direct Push Bodenluftprobennahme sind Leitungs- und Kampfmittelfreigaben einzuholen, auch Betretungsrechte für Grundstücke sind zu klären. Die Kosten für Genehmigungen und Freigaben sind mit zu kalkulieren.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Teufenmessung, sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands- bzw. Teufenmessung zu berücksichtigen.

3 Planung der Probennahme

Die Erarbeitung des Angebotes und die Durchführung der Bodenluftprobennahme erfolgt auf der Grundlage einer Zeitplanung. Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_{\text{PN}} = \frac{V_{\text{F}}}{Q_{\text{P}}} + t_{\text{AP}} + t_{\text{VA}} + t_{\text{EA}} \quad (1)$$

t_{PN} - Gesamtzeit für die Entnahme einer Bodenluftprobe in min

V_{F} - Abzupumpendes Gasvolumen in l

Q_{P} - Pumpenvolumenstrom der Entnahmepumpe in l/min

t_{AP} - Zeitaufwand für das Abfüllen der Bodenluftprobe in min

t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Probennahme- und Messtechnik in min

Bei der Planung der Erstbeprobung ist darauf zu achten, dass eine Bodenluftprobennahme erst dann erfolgen darf, wenn:

- das 3-fache Totvolumen des Probennahmegeräts (und des Gestänges) abgepumpt wurde und
- die Konstanz der Milieuparameter (O_2 , CO_2 , CH_4) über 5 Minuten mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 10\%$ eingehalten wurde.

Während der Bodenluftprobennahme ist der Pumpenförderstrom unverändert zu belassen.

Je nach Bodenart (Untergrundleitfähigkeit) ist der Pumpvolumenstrom zwischen 0,1 bis maximal 1 l/h einzustellen.

Bei Bodenluftprobennahmen aus offenen Sondierkanälen ist eine Wartezeit von 1,5 h zwischen Ziehen des Sondiergeräts und der Probennahme einzuhalten.

Direct Push Bodenluftmessstellen, bei denen ein Verdacht auf Kontamination besteht, sind der Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) zu entnehmen.

Die Festlegung der Reihenfolge der zu beprobenden Bodenluftmessstellen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Probennahmetechnik im Feld möglichst vermieden wird.

Die Reihenfolge der Direct Push Bodenluftprobennahmen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Areale beprobt werden. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der Direct Push Bodenluftprobennahmen vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

Sollte dies nicht möglich sein, so sind Sondier- und Probennahmetechnik in mehrfacher Ausführung einzusetzen. Falls dies nicht möglich ist und eine Dekontamination im Feld nötig sein sollte, ist dieses in einem Dekontaminierungsprotokoll schriftlich festzuhalten. Die vom Anbieter vorgesehene Lösung ist im Angebot zu benennen.

Es ist zu berücksichtigen, dass Bodenluftprobennahmen nicht bei einer Außentemperatur unter 5°C durchgeführt werden dürfen, da sonst erhebliche Fehler durch Kondensationsbildung auftreten können.

Für Profilbeschreibungen sind entweder Bodenluftprobennehmer zu verwenden, die eine Kombination mit Bodenprobennahme ermöglichen oder die Profilbeschreibung muss in direkter Nähe zur Bodenluftmessstelle erfolgen.

4 Durchführung der Bodenluftprobennahme

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

Die Probennahme erfolgt nach der VDI-Richtlinie 3865, Blatt 1 und 2. Hinweise zur Deponiegasuntersuchung werden in VDI-Richtlinie 3860 gegeben. Es ist insbesondere auf Dichtheit des Systems gegen die Außenluft zu achten. Dazu sind die Milieuparameter zu beobachten. Eine Probennahme ohne CO₂-Maximum ist zu begründen.

Die Probennahme hat entsprechend den in Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) enthaltenen Vorgaben zu erfolgen.

Im Rahmen einer Erstbeprobung darf die Bodenluftprobennahme erst dann erfolgen, wenn:

- das 3-fache Totvolumen des Probennahmegeräts (und des Gestänges) abgepumpt wurde und
- die Konstanz der Milieuparameter (O₂, CO₂, CH₄) über 5 Minuten mit einer zulässigen Abweichung von ± 10% eingehalten wurde.

Während der Bodenluftprobennahme ist der Pumpenförderstrom unverändert zu belassen.

Je nach Bodenart (Untergrundleitfähigkeit) ist der Pumpvolumenstrom zwischen 0,1 bis maximal 1 l/h einzustellen.

Bei einer Bodenluftprobennahme aus Direct-Push Bodenluftmessstellen (Wiederholungsmessungen) ist darauf zu achten, dass der in Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) vorgegebene Unterdruck eingestellt wird. Gegebenenfalls ist der Pumpenförderleistung zu reduzieren und damit die Abpumpdauer entsprechend der Gleichung $t_A = V_F / Q_P$ zu verlängern.

Im Rahmen der Bodenluftprobennahme aus Direct-Push Bodenluftmessstellen (Wiederholungsmessungen) erfolgt die Probennahme erst dann, wenn das entsprechend Tabelle 2 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) messstellenspezifisch abzupumpende Luftvolumen abgepumpt wurde, wobei der Pumpenförderstrom unverändert bleibt. Das Totvolumen der Probennahmetechnik von der Messstelle bis zur Probenabfüllung ist dreifach einzurechnen. Die Milieukennwerte (O_2 , CO_2 , CH_4) charakterisieren dann die Bodenluftprobe zum Zeitpunkt ihrer Entnahme.

Bei Bodenluftprobennahmen aus offenen Sondierkanälen ist eine Wartezeit von 1,5 h zwischen Ziehen des Sondiergeräts und der Probennahme einzuhalten.

Direct Push Bodenluftmessstellen, bei denen ein Verdacht auf Kontamination besteht, sind der Tabelle 1 (s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3) zu entnehmen.

Die Entnahmepumpe (z.B. Kolbenmembranpumpe) ist so zu positionieren, dass die Probenentnahme vor der Pumpe durchgeführt wird.

Aufgrund der Eigenschaften der zu untersuchenden Stoffe sind die Proben kühl und unter Lichtabschluss zu lagern und zu transportieren. Sie müssen am Entnahmetag der Untersuchungsstelle übergeben werden. Um vergleichbare Werte für ein Probennahmeverfahren zu erhalten hat die Analyse 24 Stunden nach Probeneingang zu erfolgen. Bei Nichteinhaltung ist die Untersuchung zu wiederholen.

Für den Nachweis der sachgerechten Übernahme/Übergabe der Probengefäße sind Übergabe-/Übernahmeprotokolle mit Unterschrift der von beiden Seiten benannten verantwortlichen Personen anzufertigen. In den Protokollen sind zu vermerken:

- Datum der Übergabe der vom Labor bereitgestellten Probengefäße an den/die Probennehmer/-in
- Name des für die Übergabe verantwortlichen Mitarbeiters, Name des für die Übernahme verantwortlichen Mitarbeiters
- Analysenspezifisches Verzeichnis zu Anzahl, Größe, Art und Material der an den/die Probennehmer/-in übergebenen Probengefäße
- Analysenspezifisches Verzeichnis der vom Probennehmer/-in an das Labor übergebenen Probengefäße, einschl. deren Verschluss und Temperatur.

Die gekühlt zu transportierenden Proben sind noch am Tag der Probennahme gemeinsam mit dem Probennahmeprotokoll an das Labor zu übergeben.

Nach Abschluss der Probennahme sind alle Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung einzufüllen ist, vollständig zu verfüllen. Dabei wird die Schlauchleitung beginnend von der Sondierkanalteufe während der Verfüllung langsam nach oben gezogen, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Schlauchöffnung stets unterhalb der Suspensionsoberfläche befindet.

Im Probennahmeprotokoll werden u.a. folgende Daten festgehalten:

- Probenbezeichnung
- Lageskizze der Probennahmepunkte bzw. -flächen
- meteorologische Bedingungen, z.B. Lufttemperatur, Luftdruck und deren zeitliche Entwicklung, Niederschläge

- Probennahmepunkte, -intervalle, -tiefe im Profil
- Probennahmegeräte (Material), Entnahmeverfahren
- Durchflussrate- und menge
- Unterdruck
- Totvolumen des Probennehmers/Gestänges/Schlauch abhängig von der Entnahmetiefe bis zum Probennahmepunkt
- Milieuparameter (O_2 , CO_2 , CH_4)
- Überführtes Bodenluftvolumen
- Angaben zu Probengefäßen und zur Probenkonservierung
- Angaben zu Untersuchungen vor Ort

5 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben. Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der durchgeführten Sondierungen,
- Probennahmeprotokolle,
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Sondierpunkte
3. Probennahme
 - Planung der Probennahme
 - Durchführung der Probennahme
 - Probenbehandlung
 - Ggf. Vor-Ort-Analytik
 - Auswertung der Probennahme
 - Übergabe/Übernahme der Probengefäße
4. Zusammenfassung
5. Anlagen

6 Auswertung der Bodenluftprobennahme

Die Auswertung der Bodenluftprobennahme umfasst:

- Erstellung eines Probennahmeprotokolls
- Zeitlicher Verlauf der Millieukennwerte (auch: Kontrolle auf Dichtheit)
- Die zeitliche Aufnahme des Pumpvolumenstroms und des Abpumpvolumens und ggf. des Unterdrucks

- Bei Multilevelprobennahme Verlauf der Konzentrationen über die Tiefe.

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Sondierung bzw. der Beprobung erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte.

- Probennahmeprotokolle,
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll,
- Tagesbericht.

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Reihenfolge der beprobten Messstellen
- Einhaltung der messstellenspezifisch festgelegten Unterdruckes ($\pm 10\%$)
- Einhaltung des vor der Probennahme abzupumpenden Bodenluftvolumens ($\pm 10\%$)
- Einhaltung der Entnahmetiefe ($\pm 0,2$ m)
- Nachweis über die vollständige Verfüllung der Sondierkanäle
- Plausibilität der Messwerte (insbesondere O_2 und CO_2).

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Sondierung/Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzel- preis	Gesamtpreis
1	Vorbemerkung			
	Die Bodenluftprobennahme hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Sondier- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Sondier- und Probennahmetechnik, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle, Zusammenstellung von zu planenden Wartungs-/Reparaturarbeiten in schriftlicher Form und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
2	Vorbereitung der Sondierung			
	Prüfung des Planareals auf Wegsamkeit. Dabei ist besonders auf Überlandleitungen zu achten. -Einholung bodenkundlicher Informationen; -Einholen von Genehmigungen und Unterlagen wie Schachtscheine, Leitungs- und Kampfmittelfreigaben und Sicherstellung der Zugangsgenehmigung des Areals. - Bestimmung eines geeigneten Bodenluftprobenehmers, Speichergefäßes und ggf. vor Ort Analytik für das Untersuchungsziel, falls nicht vom Auftraggeber ein bestimmter Typ vorgesehen ist. -Prüfung auf Durchführbarkeit der Sondierung unter den gegebenen, obig ermittelten Rahmenbedingungen.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzel- preis	Gesamtpreis
3	Planung der Bodenluftprobennahme			
	Die Planung der Bodenluftprobennahme (Direct Push) hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. – die Tagesleistung und somit die Gesamtdauer der Bodenluftprobennahme(n) sind abzuschätzen – Festlegung des Ablaufs bzw. der Reihenfolge der Sondierungen und der Bodenluftprobennahme anhand der Planungswerte – Festlegung von Maßnahmen zum Arbeitsschutz anhand der Planungswerte.			
4a	Durchführung der Sondierung und der Bodenluftprobennahme			
	Direct Push Sondierung zur Bodenluftprobennahme entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 1 (Erstbeprobung/ Erstcharakterisierung) zu entnehmen. Bodenluftprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Bodenluftproben erfolgt auf der Grundlage der Planungswerte – Bodenluftproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen oder ggf. einer Vor- Ort- Analytik zuzuführen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen – Dekontaminationsprotokoll, das durchgeführte Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße gemäß LB.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
4b	Durchführung von Bodenluftprobennahmen aus Direct Push Bodenluftmessstellen			
	Bodenluftprobennahme aus Direct Push Bodenluftmessstellen entsprechend der Leistungsbeschreibung. Die Probennahme- und Messstellendaten sind der Tabelle 2 (Wiederholungsbeobachtung) zu entnehmen. Bodenluftprobennahmen, einschl. Anfertigung von Mess- und Prüfprotokollen mit folgenden Hauptforderungen: – die Entnahme von Bodenluftproben erfolgt auf der Grundlage der in Tabelle 2 enthaltenen Vorgaben – Bodenluftproben sind in entsprechend geeignete Speichergefäße zu überführen oder ggf. einer vor Ort Analytik zuzuführen – das Probennahmeprotokoll ist auf der Grundlage der in der LB enthaltenen Forderungen anzufertigen – Dekontaminationsprotokoll, das durchgeführte Reinigungsarbeiten enthält – Anfertigung der Übergabe-/Übernahmeprotokolle für die Probengefäße.			
	Vollständiges Verfüllen der gesamten Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung gemäß Leistungsbeschreibung einzufüllen ist.			
5	Bericht			
	Berichterstellung gemäß LB mit entsprechender Fotodokumentation über beschädigte bzw. mangelhafte Bodenluftmessstellen.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzel- preis	Gesamtpreis
6	Tagelohnarbeiten als EP			
6.1	Technik und Mannschaft Stundenlohnarbeit für die Technik und Mannschaft auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.2	Techniker/ Technikerin Stundenlohnarbeit für einen/eine Techniker/-in auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
6.3	Diplomierter Mitarbeiter/ diplomierte Mitarbeiterin Stundenlohnarbeit für einen/eine diplomierten Mitarbeiter/ Mitarbeiterin auf Nachweis nach gesonderter Auftragserteilung durch den Auftraggeber	h		
Zwischensumme Tagelohnarbeiten				

Anlagen zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung und die Wiederholungsbeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.3)
- Anlage 3 : Schichtenprofile der Bodenluftprobennahmemessstellen
- Anlage 4: Beispiel für Probennahmeprotokoll – Bodenluftprobennahme (siehe Anhang 4.3.4, Anlage 2)

Kalkulationsgrundlage für Direct Push Sondierung mit Bodenluftprobennahme

Objekt:

Tabelle 1 zum Leistungsverzeichnis - Direct Push Sondierung mit Bodenluftprobennahme

Messstellen-name	Rechtswert	Hochwert	Bodenluft-probennehmer	Tiefe (m)	Filterlage (m)	Q _P in L/h	V _F in L	Kontaminations-verdacht	Bodenbeschaffenheit

Q_P: Pumpenförderleistung

V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Bodenluftvolumen

Tabelle 2 zum Leistungsverzeichnis - Bodenluftprobennahme aus Direct Push Bodenluftmessstellen

Messstellen-name	Rechtswert	Hochwert	Bodenluft-probennehmer	Q _P in L/h	V _F in L	-dp in mbar	Entnahmetiefe in m GOK	t _A in min	R-DP	Bemerkungen

Q_P: Sollvolumenstrom während der Beprobung

V_F: vor der Probennahme abzupumpendes Bodenluftvolumen

-dp: Unterdruck

R-DP: Reihenfolge der Beprobung

GOK: Geländeoberkante

t_A: Abpumpzeit

Anhang 5.3.4

Textbausteine für
Musterleistungsbeschreibungen
mit Musterleistungsverzeichnissen

Teil Qualitätssicherung

Direct Push-Verfahren

Geochemische in Situ Methoden
(Schadstoffdetektierende Sonden)

**Bearbeitungshilfe für die Erstellung von
LEISTUNGSBESCHREIBUNGEN MIT LEISTUNGSVERZEICHNISSEN
TEIL QUALITÄTSSICHERUNG
FÜR DIE
Direct Push-Verfahren

Geochemische in Situ Methoden
(Schadstoffdetektierende Sonden)**

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeine Angaben	3
1.1	Direct Push-Technologie (allgemein).....	3
1.2	Direct Push geochemische in Situ Analytik.....	3
2	Vorbereitung der Sondierung	4
3	Planung der Sondierung.....	4
4	Messung	5
5	Qualitätskontrolle	5
6	Tagesberichte	5
7	Abnahme der Leistungen	6
8	Teil-Musterleistungsverzeichnis	7

1 Allgemeine Angaben

Nachfolgende Ausführungen sind Hilfestellung bei der Bearbeitung von Leistungsbeschreibungen (LB) mit Leistungsverzeichnissen (LV) für die Direct Push geochemischen In-Situ-Methoden unter dem speziellen Betrachtungspunkt der Qualitätssicherung (s. Typenblätter Anhang 4.3). Sie sind somit projektspezifisch zu ergänzen.

Im nachfolgenden Textteil wird zwischen den Informationen für die Bearbeiterin bzw. den Bearbeiter der Ausschreibungsunterlagen und den ausschreibungsrelevanten Forderungen unterschieden. Die Informationen sind im *kursiven Textformat* ausgeführt.

1.1 Direct Push-Technologie (allgemein)

Der Leistungsbereich der Direct Push (DP) Sondierungen umfasst die Teilgebiete Probennahme und in Situ Analytik. Die Probennahme beinhaltet Boden-, Wasser und Bodenluftprobennahme. Die in Situ Analytik unterteilt sich in hydraulische, geotechnische, geophysikalische und geochemische Methoden.

Direct Push bietet damit ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für unterschiedliche Stufen eines Projektes. Je nach den Anforderungen eines Projekts und dessen Zielsetzung ist demnach eine passende Methode bzw. Methodenkombination auszuwählen.

Die Wasser- und Bodenluftprobennahme bietet zusätzlich die Möglichkeit, dass bestimmte Probenahmegeräte für Monitoringzwecke im Boden verbleiben oder Sondierkanäle zu Messstellen ausgebaut werden können.

1.2 Direct Push geochemische in Situ Analytik

Für eine qualitativ hochwertige Direct Push Sondierung zur Ermittlung geochemischer Parameter müssen im Vorfeld Informationen über den Untergrundaufbau vorhanden sein. Diese Informationen können einerseits aus vorangegangenen Direct Push Untersuchungen bzw. anderen bodenkundlichen Untersuchungen stammen. Falls im Vorfeld keine Informationen zum Untergrundaufbau vorhanden sind, so sind diese im Rahmen der Sondierung vorab zu erheben.

Zur Planung einer Sondierung mit schadstoffdetektierenden Sonden sollten auch Erkenntnisse über zu erwartende Schadstoffkontaminationen und deren Lage bekannt sein. Dies ist ebenfalls mit Hilfe vorangegangener Untersuchungen möglich, andernfalls sind diese Daten im Vorfeld beispielsweise durch andere Untersuchungsmethoden wie Boden- oder Grundwasserprobennahmen zu erheben. Für den gezielten Einsatz schadstoffdetektierender Sonden ist es wichtig, die Art der Kontamination im Voraus zu kennen.

Die Auswahl der jeweiligen Technologie hat anhand der Zielsetzung des Projekts zu erfolgen (s. Typenblätter). Je nach Zielsetzung können Vergleichsmessungen mit anderen Messmethoden zur Referenzierung der Messwerte nötig sein.

Alle vom Auftragnehmer (AN) im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Teufenmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des Auftraggebers (AG) abzugleichen.

Die Tabelle 1 enthält die für die Planung einer Sondierung zur Schadstoffdetektion nötigen Informationen.

Tabelle 1 gilt für die Planung einer neuen Direct Push Sondierung mit schadstoffdetektierenden Sonden:

- Messstellenname - jede Sondierung bzw. Messstelle besitzt eine Messstellenbezeichnung, die eine eindeutige Zuordnung der Messstelle ermöglicht
- Rechts- und Hochwert - sämtliche Rechts- und Hochwertangaben beziehen sich auf das Bezugsmesssystem des AG
- Sonde (bzw. Probennehmer zur Referenzierung) - je nachdem welches Verfahren eingesetzt werden soll
- Tiefe - die Tiefe in der die Untersuchungen durchgeführt werden sollen
- R-PN - Reihenfolge der Messansätze
- Schadstoffart - die zu erwartende Art der Kontamination.
- Bodenbeschaffenheit

Sofern bekannt sind für Direct Push Sondierungen problematische Gegebenheiten festzuhalten. Dazu gehören grobe Einlagerungen bzw. Gesteinsschichten, die problematisch für Sondierungen sein können.

2 Vorbereitung der Sondierung

Die zwei am weitesten verbreiteten schadstoffdetektierenden Sonden sind die Membrane Interface Probe (MIP) und die laserinduzierte Fluoreszenzanalyse (LIF). Die MIP-Sonde wird für leicht- und einige mittelflüchtige Schadstoffe eingesetzt, während die LIF-Sonde zur Detektion von Mineralölkontaminationen geeignet ist. Je nach Ausführung sind mit diesen Sonden kontinuierliche, quasi-kontinuierliche oder tiefenhorizontierte Untersuchungen möglich.

Für die Kalkulation werden zur Angebotserarbeitung die voraussichtliche Schichtenfolge und die darauf begründeten Messtiefen bzw. -intervalle (Sollzustand) übergeben. Falls solche zur Schichtenfolgen-Informationen nicht vorhanden sind, so sind diese im Vorfeld zu erheben (s. Kap. 1.2). Falls diese vom AN erhoben werden sollten, ist dies mit einzukalkulieren.

Im Vorfeld sind Leitungs- und Kampfmittelfreigaben einzuholen, auch Betretungsrechte für Grundstücke sind zu klären. Die Kosten für Genehmigungen und Freigaben sind mit zu kalkulieren.

Aufgrund der zu erwartenden Schadstoffe und deren Konzentrationen sind entsprechend nach Sicherheits- und Gesundheitsschutz Maßnahmen zu erarbeiten und mit einzukalkulieren.

Alle vom AN im Rahmen dieses Projektes zu verwendenden Geräte zur Wasserstands- bzw. Teufmessung sind vor Beginn der Arbeiten mit dem Bezugsmesssystem des AG abzugleichen. Die dabei festgestellten messgerätespezifischen Abweichungen sind bei der Auswertung der Wasserstands- bzw. Teufmessung zu berücksichtigen.

3 Planung der Sondierung

Je nach maximaler Sondiertiefe, Schadstoffkonzentrationen und Installation der Geräte kann die Tagesleistung von einer bis zu 3 Sondierungen pro Tag reichen. Bei geringen Sondiertiefen und guten Untergrundbedingungen sind mehr als 3 Sondierungen täglich möglich.

Die Abschätzung der Tagesleistung kann gemäß nachfolgender Gleichung erfolgen:

$$t_{PN} = t_{EA} + t_H + t_U + t_{VA}$$

t_{PN} - Gesamtzeit für eine Sondierung in min

t_{EA} - Zeitaufwand für den Ein- und Ausbau der Sonde und Messtechnik in min

t_H - Gesamtzeit für Haltepunkte der Sondierung in min

t_U - Zeitaufwand für das Umsetzen der Probennahme- und Messtechnik in min

t_{VA} - Zeitaufwand für die Vor-Ort-Analytik/Datenauswertung (falls vorgesehen) in min

Die Methoden erlauben nur eine halbquantitative Erfassung der Schadstoffe. Daher ist eine Referenzierung der Messwerte in Abhängigkeit vom Untersuchungsziel gegebenenfalls mit einzukalkulieren.

Die Festlegung der Reihenfolge der Sondierungen hat so zu erfolgen, dass eine Reinigung der Sondiertechnik im Feld möglichst vermieden werden sollte.

Die Reihenfolge der Direct Push Sondierungen ist primär so festzulegen, dass anfangs die gering und zuletzt die höher belasteten Areale beprobt werden. Nach Auftragserteilung ist die Planung für die Reihenfolge der zu Direct Push Sondierungen vor Beginn der Arbeiten dem AG zur Prüfung vorzulegen.

4 Messung

Nicht planmäßig (entsprechend Hersteller, Vorschriften und Regelwerke) gewartete Mess- und Probennahmetechnik darf nicht eingesetzt werden.

In einem Durchführungsprotokoll wird die Ausführung der Messungen dokumentiert. Es enthält alle in Tab.1 aufgeführten Werte. Messwerte werden mittels elektronischer Datenverarbeitung digital erfasst. Alle Daten (Teufe und Messwerte) sind digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufzuzeichnen. Nach Abschluss der Messungen sind alle Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung einzufüllen ist, vollständig zu verfüllen. Dabei wird die Schlauchleitung beginnend von der Sondierkanalteufe während der Verfüllung langsam nach oben gezogen, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Schlauchöffnung stets unterhalb der Suspensionsoberfläche befindet.

5 Qualitätskontrolle

Die Prüfkriterien sollten folgende Aspekte berücksichtigen:

- Kontrolle des Aufnahmegeräts für die Sondiertiefe
- Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen
- Responsetest zur Bestimmung der Gastripzeit
- Responsetest mit Zielsubstanzen in den zu erwartenden Konzentration
- Kalibration der Nachweisgrenzen der einzelnen Detektoren
- Einhaltung der maximalen Stoffkonzentrationen der Detektoren
- Überprüfung der Dichtheit des Systems durch Kontrolle mittels Massenflussmeter
- Dekontamination des Systems (Spülung, Reinigung)
- Entnahme von Vergleichsproben mittels quantitativer Probennahmesysteme zur Referenzierung der Messwerte.

6 Tagesberichte

Tagesberichte sind täglich vom Auftragnehmer auf firmeneigenen Vordrucken zu erstellen und am nächsten Tag bis 10:00 Uhr dem Auftraggeber zu übergeben.

Die Tagesberichte müssen folgendes enthalten:

- Bezeichnung und Anzahl der durchgeführten Messungen, besondere Vorkommnisse in Tabellenform
- Durchführungsprotokolle
- Übergabe-/Übernahmeprotokoll.

Nach Abschluss aller Arbeiten ist ein Abschlussbericht mit folgenden Gliederungspunkten an den Auftraggeber in zweifacher Ausfertigung zu übergeben [davon ein Exemplar kopierfähig, sowie auf Datenträger (nach Abstimmung mit dem Auftraggeber)].

1. Zielstellung
2. Sondier-/Messstellen
 - Aufstellung eines Arbeits- und Sondierplanes, in dem die Reihenfolge der zu beprobenden Sondierstellen definiert ist
 - Durchführung der Sondierung
 - Auswertung der Sondierung (grafische Auswertung der Detektorsignale und physikalischen Parameter über der Tiefe aufgetragen, Schadstoffverteilungsprofile)
 - ggf. Entnahme von Vergleichsproben mittels quantitativer Probennahmesysteme zur Referenzierung der Messwerte (inkl. Angaben zur Probenbehandlung, Übergabe/Übernahme der Probengefäße, ggf. Vor-Ort-Analytik)
 - Dekontaminationsmaßnahmen
 - Plausibilitätsprüfung / Auffälligkeiten
3. Zusammenfassung
 - Durchführbarkeit der Sondierungen
 - Interpretation der Daten im Vergleich zu Altdaten (alle erforderlichen Daten werden dem Auftraggeber übergeben), einschließlich der Ableitung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen
4. Anlagen.

7 Abnahme der Leistungen

Die Abnahme der Sondierung erfolgt arbeitstäglich auf der Grundlage der Tagesberichte:

- Durchführungsprotokolle
- digital und im Echtzeitbetrieb messstellenspezifisch aufgezeichnete bzw. manuell protokollierte Werte
- Übergabe-/ Übernahmeprotokoll
- Tagesbericht.

Die Prüfung erfolgt insbesondere auf:

- Vollständigkeit der Unterlagen
- Plausibilität der Messwerte
- Einhaltung der Einbau-bzw. Sondiertiefe
- Nachweis über die vollständige Verfüllung der Sondierkanäle.

Sollten dabei Abweichungen bzw. unplausible Messwerte festgestellt werden, so ist die Probennahme auf Kosten des Auftragnehmers zu wiederholen.

8 Teil-Musterleistungsverzeichnis

Pos	Leistungsbeschreibung - Schadstoffdetektierende Sonden	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Vorbemerkung			
	Die Leistungserbringung hat auf der Grundlage der in der Leistungsbeschreibung enthaltenen Festlegungen und Forderungen zu erfolgen. Die Fahrtkosten, das Umsetzen der Sondier- und Probennahmetechnik, das Ein- und Ausbauen der Sondier- und Probennahmetechnik, die Anfertigung und Lieferung der Tagesberichte sowie Übergabe der Messprotokolle und die Zeitaufwendungen für die vom Auftraggeber durchzuführenden Vor-Ort-Prüfungen der Leistungen des Auftragnehmers sind mit einzukalkulieren.			
2	Vorbereitung der Sondierung			
	Prüfung des Planareals auf Wegsamkeit. Dabei ist besonders auf Überlandleitungen zu achten. – Einholung bodenkundlicher Informationen – Einholen von Genehmigungen und Unterlagen wie Schachtscheine, Leitungs- und Kampfmittelfreigaben und Sicherstellung der Zugangsgenehmigung des Areals – Bestimmung eines geeigneten Messsystems für das Untersuchungsziel, falls nicht vom Auftraggeber ein bestimmter Typ vorgesehen ist – Prüfung auf Durchführbarkeit der Sondierung unter den gegebenen, obig ermittelten Rahmenbedingungen			
3	Planung der Sondierung / Messung			
	Planung der Direct Push Sondierungen gemäß Leistungsbeschreibung, insbesondere in folgenden Punkten: – die Tagesleistung und somit die Gesamtdauer der Sondierungen sind abzuschätzen – Festlegung des Ablaufs bzw. der Reihenfolge der Sondierungen anhand der Planungswerte – Festlegung von Maßnahmen zum Arbeitsschutz anhand der Planungswerte			
4	Durchführung der Sondierung / Messung			
4.1	Direct Push Sondierung entsprechend der Leistungsbeschreibung.			

Pos	Leistungsbeschreibung	Menge	Einzel- preis	Gesamtpreis
4.2	Vollständiges Verfüllen der gesamten Sondierkanäle mittels einer Tonsuspension, die über eine Schlauchleitung gemäß Leistungsbeschreibung einzufüllen ist.			
5	Bericht			
	Berichterstellung gemäß LB			

Anlagen zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

- Anlage 1 : Topografische Übersicht mit Standorten im Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 2 : Verbindliche Kalkulationsgrundlagen für die Erstbeprobung und die Wiederholungsbeprobung (z.B. s. Anlage 1 zum Anhang 5.3.4)
- Anlage 3 : Schichtenprofile der Sondierstelle

Kalkulationsgrundlage für Direct Push Sondierung Geochemie

Objekt:

Tabelle 1 zum Leistungsverzeichnis - Direct Push Sondierung Geochemie

Messstellen-name	Rechtswert	Hochwert	Sonde (bzw. Probennehmer zur Referenzierung)	Tiefe (m)	R-PN	Schadstoffart	Bodenbeschaffenheit

R-DP: Reihenfolge der Beprobung