# Anhang 4

## Typenblätter

# Anhang 4.1

Typenblätter

**Grundwasser**

# Anhang 4.1.1

Typenblätter

## Aktive Verfahren:

## Pump-Probennahme

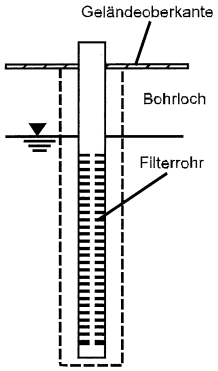
# Anhang 4.1.1.1

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 teufengewichtete 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. Leitkennwerte (DVWK 245/1997; BWK-Merkblatt 5; LMBV-Merkblatt, 2007)
- Mindestabpumpzeit vor der Grundwasserprobennahme sollte 30 Minuten betragen
- Vorgabe der Einbautiefe der Grundwasserprobennahmepumpe:

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

  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 | $2 \cdot 10^{-6}$ ... $8 \cdot 10^{-6}$ |
| Feinsand | $2 \cdot 10^{-5}$ ... $8 \cdot 10^{-5}$ |
| Mittelsand | $1 \cdot 10^{-4}$ ... $8 \cdot 10^{-4}$ |
| Grobsand | $2 \cdot 10^{-3}$ ... $8 \cdot 10^{-3}$ |

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<br>Schlitzbrücke 1 bis 4 mm<br>Schlitzlochung 1 bis 4 mm | 0,35 bis 0,40<br>bis 0,15<br>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: ±10% vom Soll-Wert
- Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für Wasserspiegelabsenkung: ±5 cm vom Soll-Wert

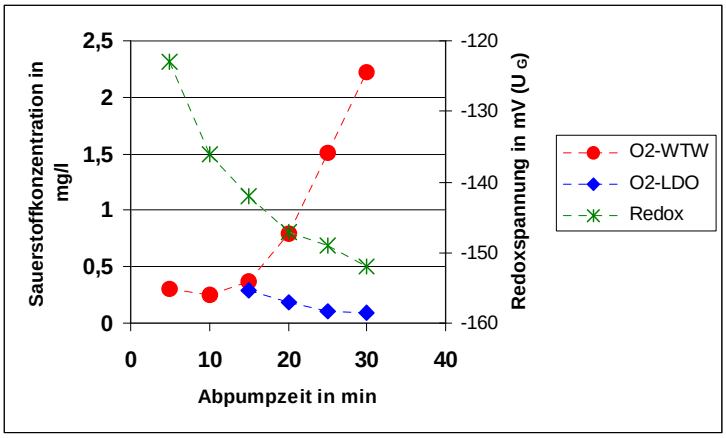
  Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung in Zusammenhang mit der Wasserspiegelabsenkung

## 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

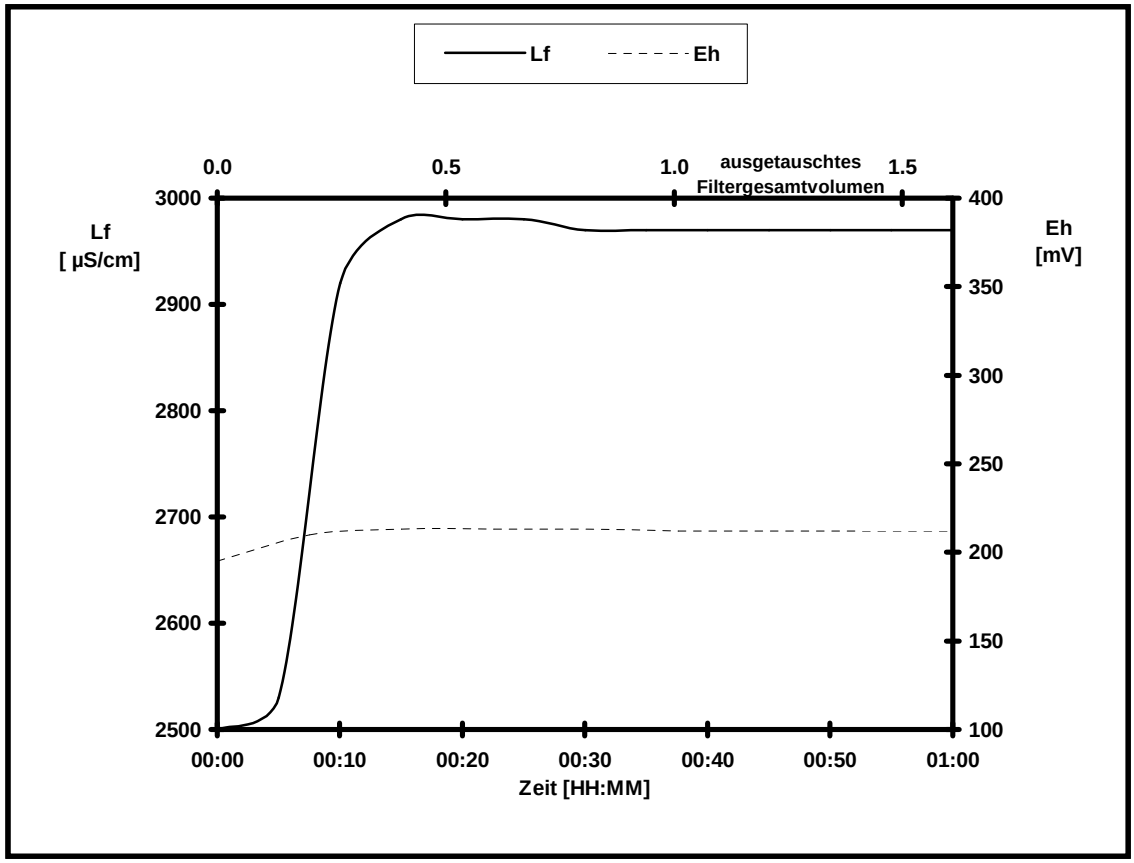



Abb. 1: Verlauf der Leitparameter elektrische Leitfähigkeit Lf und Redoxpotential Eh (on site) während der Abpumpphase

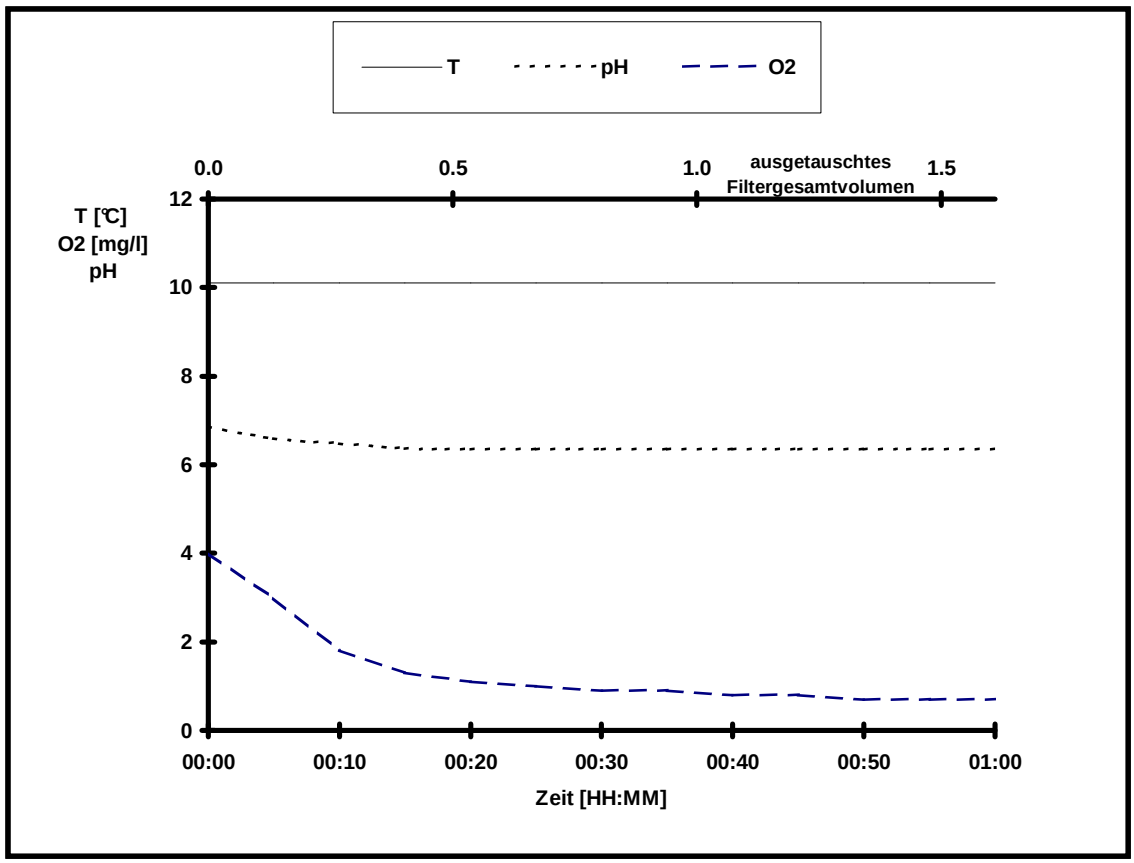



Abb. 2: Verlauf der Leitparameter Temperatur (T in situ) pH-Wert (pH) und Sauerstoff (O2 on site) während der Abpumpphase

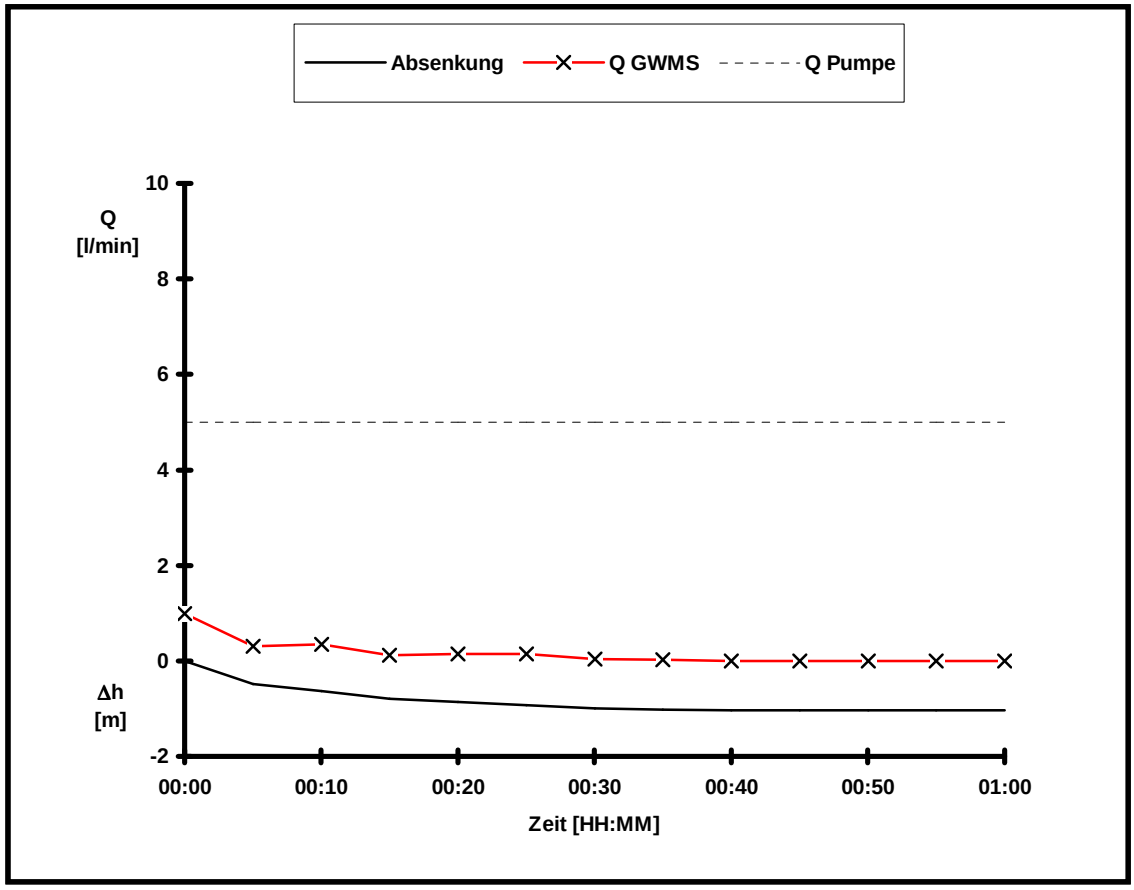



Abb. 3: Verlauf der Absenkung, des Förderstromes der Unterwassermotorpumpe ($Q_{Pumpe}$) sowie des Anteils am Förderstrom, der aus der Absenkung in der Grundwassermessstelle resultiert ($Q_{GWMS}$)

## 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.-bündel.: | | |
| | Messst.-gruppe: | | Ausbaumaterial: | | |
| **Messpunkt:** | [m ü NN] | | Rohr-/Schachtdurchmesser: | | cm |
| **Filterlage:** [m u MPkt.] | von: | | | **Datum** | **GW-Spiegel:** |
| | bis: | | 1.Tag (nur bei | | m |
| | | | 2. Tag 3 x Ab- | | m |
| **Teufe der Messstelle:** | Ausbau [m]: | | 3. Tag pumpen) | | m |
| | gelotet [m]: | | vor PN: | | m |
| | | | nach PN: | | m |

| **Beprobter Bereich:** | Mischwasser | Entnahmetiefe [m] | ob. Bereich | mittl. Bereich | unt. Bereich |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

| **Art der Probenahme:** (Bitte ankreuzen bzw. Pumpentyp angeben) | Doppelkolben-pumpe | Kreiselpumpe | aus Zapfhahn | Saugen | Schöpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Abpumpen:** | Förderstrom [l/min]: | | Dauer [min]: | | Volumen [m³]: |

| **Sofortanalytik:** | GW-Temperatur [℃] | Luft-Temp. [℃] | pH-Wert | el. Leitfäh. [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | Redoxpotential [mV] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| **Wahrnehmungen an der Probe** (Bitte ankreuzen) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Färbung:** | farblos | weiß | grau | gelb | braun |
| | | | | | | |
| | **Trübung:** | keine | schwach | mittel | stark | |
| | | | | | | |
| | **Geruch:** | ohne | aromatisch | faulig | jauchig | chemisch |
| | | | | | | |
| | | ja | nein | ja | nein | n. Chlor / n. Min.Öl |
| | **Ausgasung:** / **Bodensatz:** | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Probengefäß:** (Bitte ankreuzen) | **Glasflasche:** | hell | dunkel | **Kunststoffflasche:** | |
| | | | | | |

**Konservierung:** **s. Bericht**

| | Kühlbox | Kühlschrank | | Datum | Uhrzeit |
|---|---|---|---|---|---|
| **Probentransport/-lagerung:** | | | **Übergabe Labor:** | | |

**Bemerkungen:**

| | |
|---|---|
| **Institution (Stempel)** | **Probenehmer (Unterschrift)** |

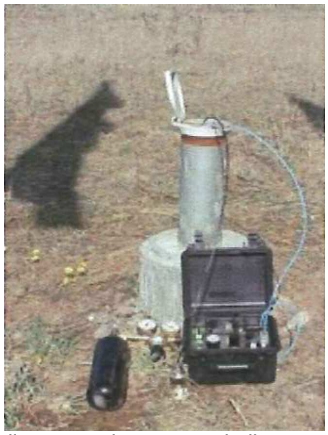
# Anhang 4.1.1.2

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 das 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 Durchflusszellen 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 Durchflusszellen 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 langzeitig wirkende Druckentlastung des zu beprobenden Grundwassers ist zu prüfen, ob dadurch Verluste an gelösten Gasen, leicht flüchtigen Inhaltstoffen 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 ausgebaute Sondierkanäle bzw. Rammpegel).
- Bevorzugte Anwendung bei fest installierter Probennahmetechnik mit gegenüber dem Vollrohrbereich abgepackerten 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“

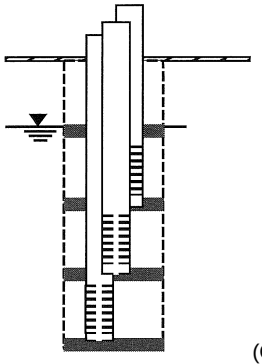
⇒ BGD-Bericht “Probennahme aus schwer zulaufenden Messstellen – Literaturrecherche“, 2006 (s. Anhang 4.1.4.1 Typenblatt „Grundwasserprobennahme aus hydraulisch gering ergiebigen Grundwasserleitern“)

# 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.<br>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 teufenorientierte 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 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:

⇒ 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**

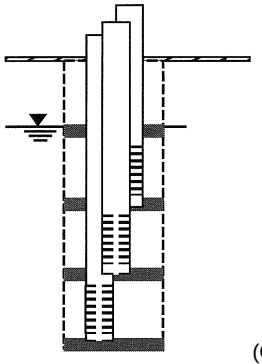
⇒ Typenblatt Grundwasserprobennahme aus vollständig verfilterten Grundwassermessstellen (s. Anh. 4.1.1.1)

## 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.<br>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 teufenorientierte 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 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:

⇒ 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“

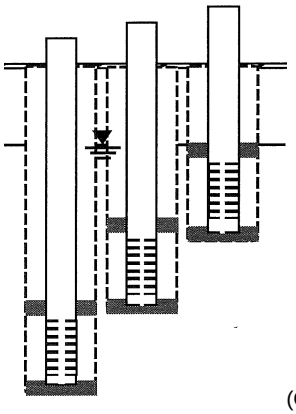
⇒ LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV“, 2007

# 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 Messstellenbündel 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 teufenorientierte 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

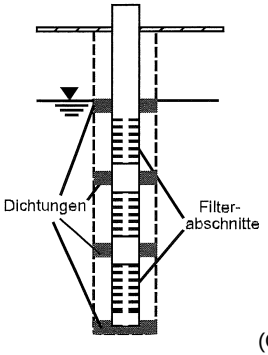
# Anhang 4.1.1.5

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 teufenorientierten 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 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*)*

- 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

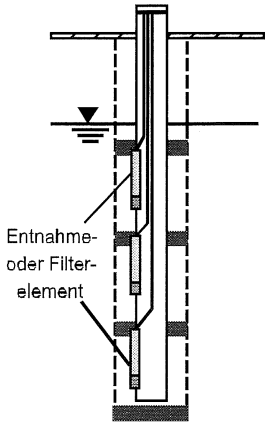
# Anhang 4.1.1.6

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:

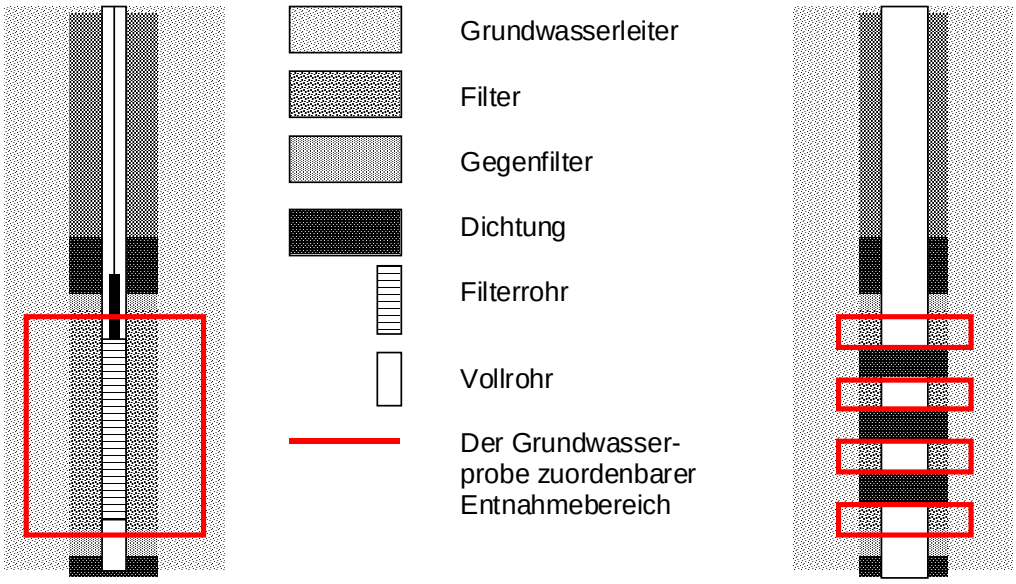
- Integriert im Filterelement (verlorener Ausbau)
- Mobile Anordnung und
- Oberirdische Anordnung

### 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 abzupumpen 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: ±10% vom Soll-Wert

⇒ Abweichung zwischen Soll-Ist-Wert für die Pumpenförderleistung: ±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 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 Ventilanschlüssen (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 festegelegt werden können.

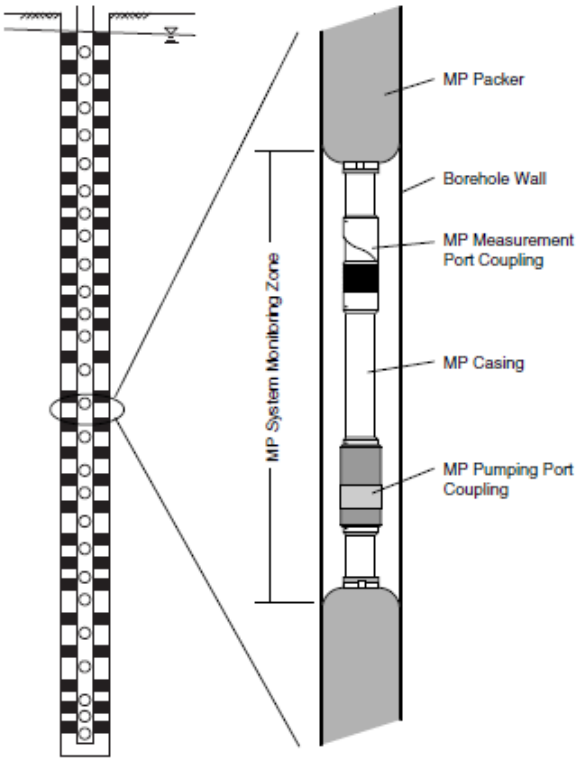



Abb. 1: Installation eines MP-System (Quelle: © Westbay Instruments Inc. 1992-94)

Das MPS wurde bereits in Bohrlöchern von bis zu 1.200 m Endteufe eingesetzt. Durch unterschiedliche Ventilsysteme sind die Befüllung von Packern,

[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 tiefen-orientiert 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 Grund-wassers aus verschiedenen Hori-zonten ausgeschlossen.

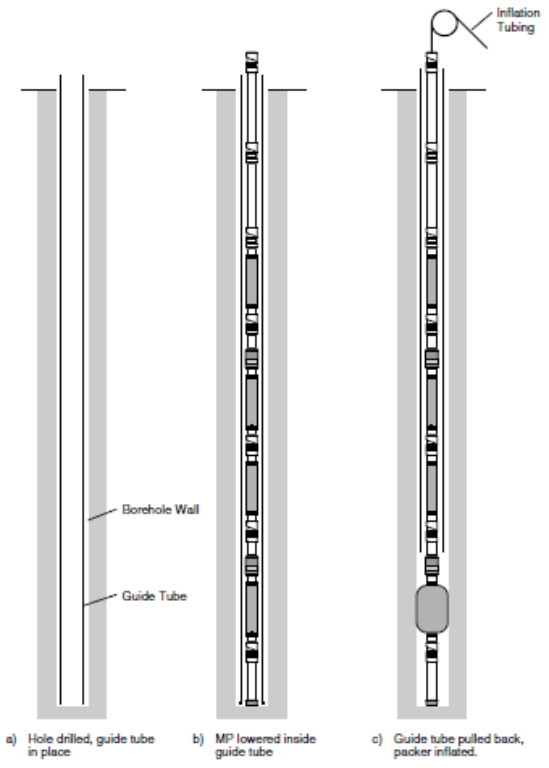



Abb. 2: Installationsablauf - a: abteufen des Bohrloches u. Einbau des Führungsrohres; b: Absenkung des MP-Systems im Führungsrohr; c: ziehen des Führungsrohres und aufblasen des Packers (Quelle: © Westbay Instruments Inc. 1992-94)

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).

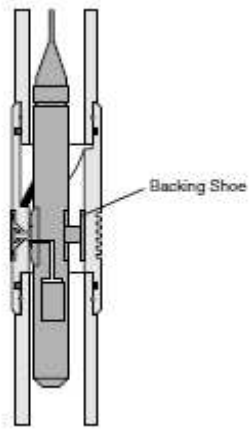



Abb.3: Herablassen der Probennahme-vorrichtung und Arretierung am „backing shoe“

Das Probenventil wird geöffnet und das Außenwasser kann in den Probenbehälter fließen. Filtereinheiten verhindern, dass feine Partikel die Ventile verstopfen. Danach wird die Probenahmevorrichtung 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.

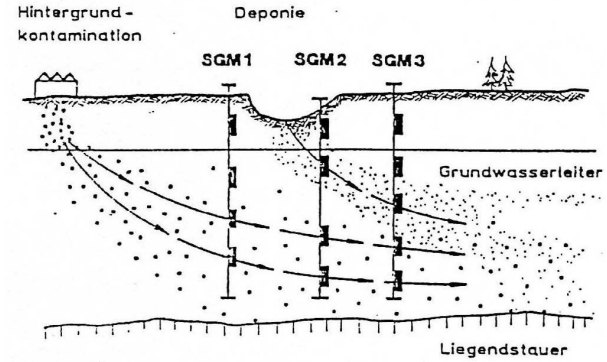



Abb. 1: Schema der SGM-Systemanordnung (Quelle: UIT, 2002)

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 Hohlschneckenbohrung empfohlen. Das Rohr wird während der Verfüllens Schüttrohrtechnik herausgezogen. Für den horizontalen Einbau von einzelnen Elementen ist ein minimaler Bohrdurch-

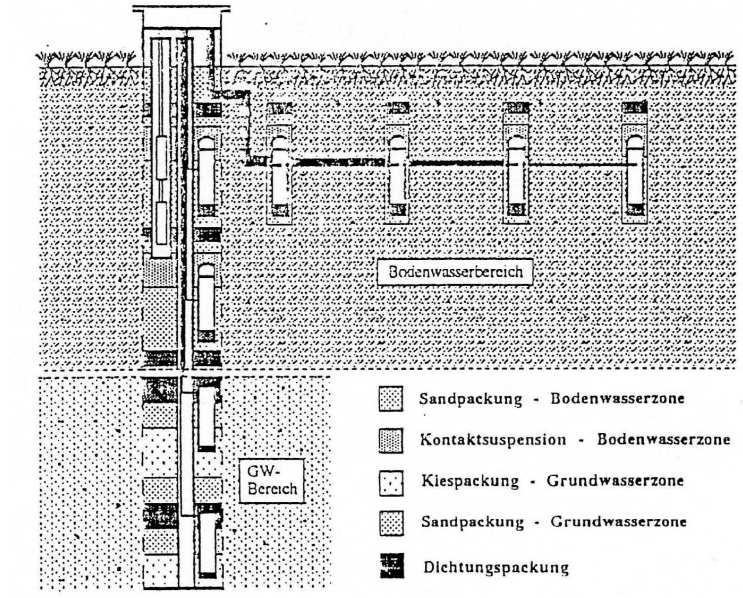



Abb. 1: Schema vertikaler/horizontaler Einbau (Quelle: UIT, 2002)

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 ich 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 ausgewebeverstärktem Kunststoffmaterial, das eine hohe Robustheit und Dichtigkeit aufweist. Die Probennahmesysteme, wie Pumpen und Schläuche sowie die Messsysteme sind zwischen den beiden Packermembranenangebracht, wobei die Probennahmefilter und Messports nach außen reichen. Das Probennahmesystem kann im

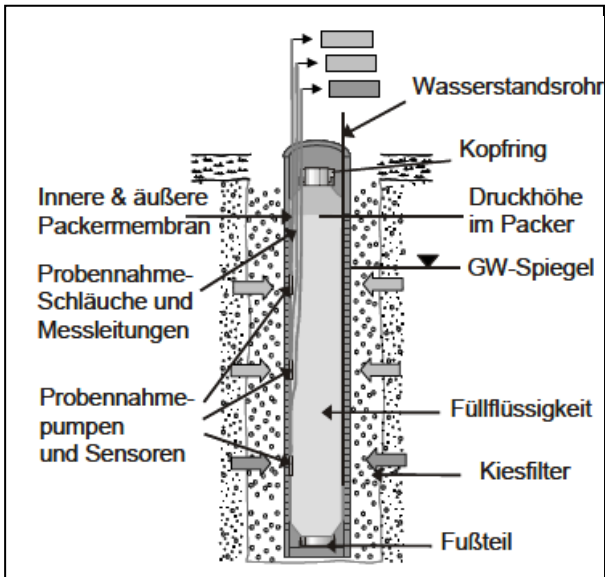



Abb. 1: Systemkomponenten des Multi level-Schlauchpackersystem (Quelle

Fall geringer Grundwasserflurabstände(< 7 m uGOK) aus verschieden langen Probennahmeschläuchen mit Filterendstück bestehen und mit einer Peristaltikpumpe betrieben werden. Im Fall größerer Grundwasserflurabstände sowie leichtflüchtigen Substanzenwerden 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.)

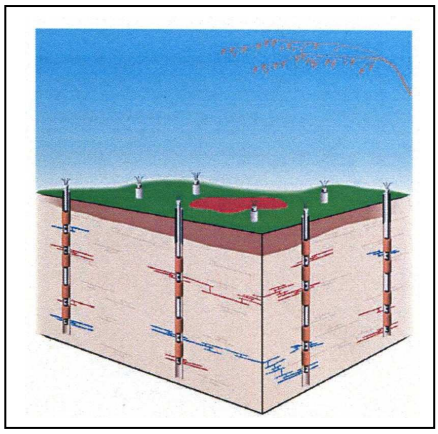
(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

# Anlage zum Typenblatt – Sondermessstellen *(Multilevelsysteme)*

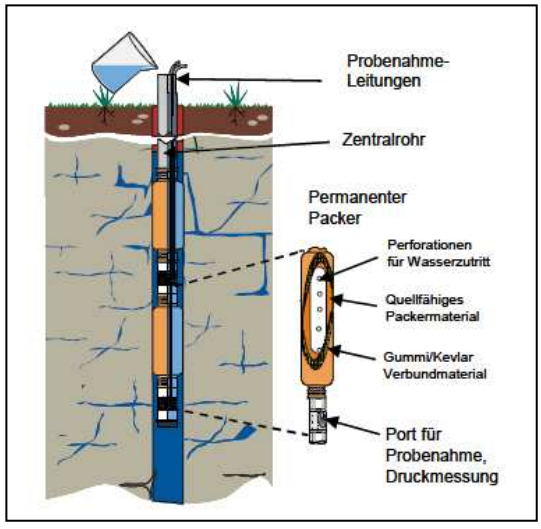
**Waterloo System** (*Solinst*, Canada Ltd.) **– Tiefenorientiertes Probenahmesystem**
(Quelle: *imw* Innovative Messtechnik Dr. Weiss, Tübingen)

*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 Netzschläuchen. 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

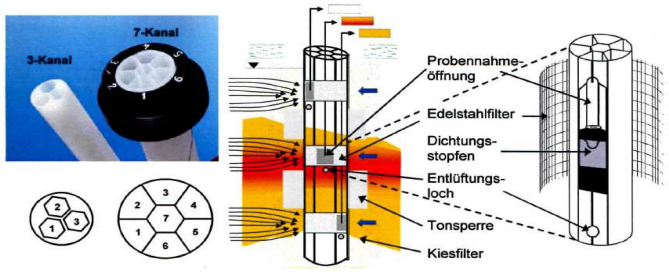



Abb. 1: Aufbau des mehrkanaligen Röhrensystems

*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 abgedichtet. 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.

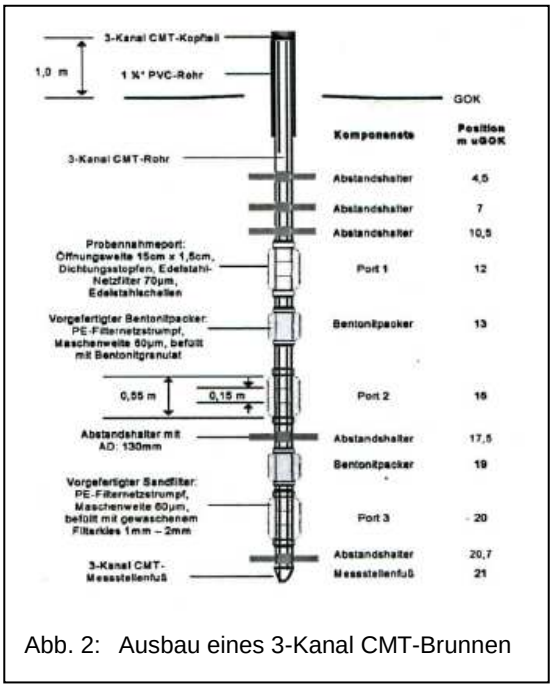



Abb. 2: Ausbau eines 3-Kanal CMT-Brunnen

*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.

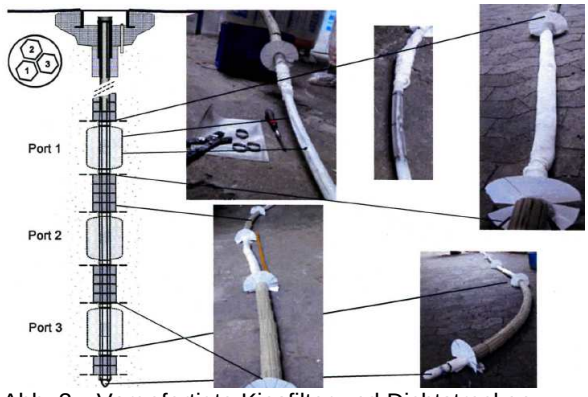


Abb. 3 Vorgefertigte Kiesfilter und Dichtstrecken

*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 70um

*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 Probentransport, 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 Förderschlauch bis an die Oberfläche gefördert wird. Die Probennahme ist in einer Bohrung beliebig wiederholbar.

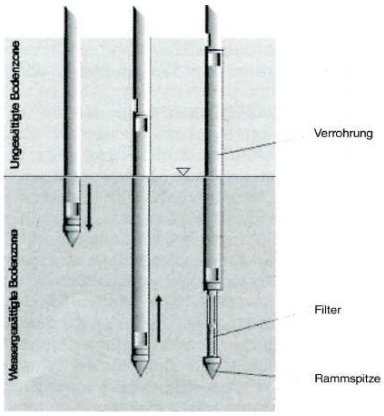



Abb. 1: Verfahrensprinzip (Quelle altlasten Spektrum 06/2006)

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 Rammschläge und Eindringung pro 10 cm liefert wichtige Informati-

Abb. 2: Systemeinbau 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 Fälker
- 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:

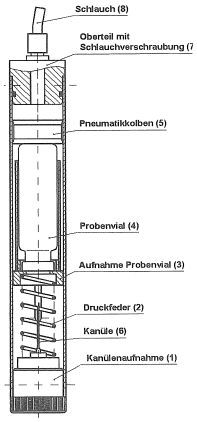
## Schöpfprobenahme

# 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 Probennahme-element sind mit einem flexiblen Septum versiegelt.

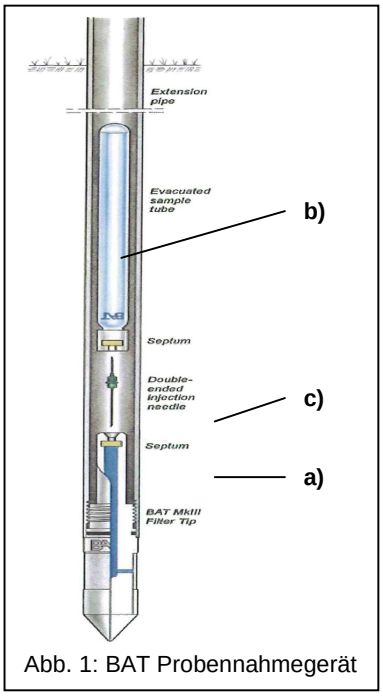


Abb. 1: BAT Probennahmegerät

**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**

Die flexible Dichtung des Filterelements kann hunderte Male durchstochen 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

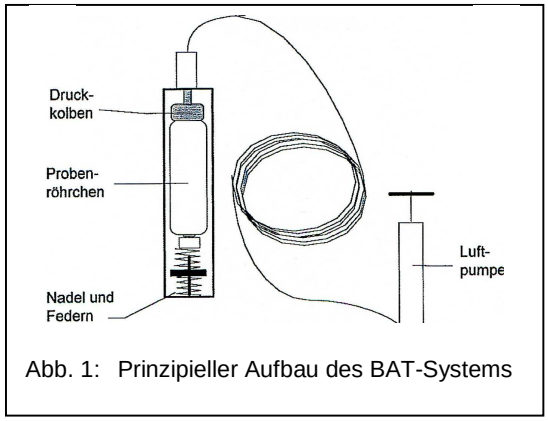



Abb. 1: Prinzipieller Aufbau des BAT-Systems

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 ($p_1 * V_1 = p_2 * V_2$), das nach $V_{Probe}$ ($V_2$) aufgelöst folgender Gleichung ergibt:

$$V_{Probe} = V_{Röhrchen} [ 1 – p_g / p_z] \qquad (1)$$

$V_{Probe:}$ Volumen Wasserprobe in mL

$V_{Röhrchen}$ : 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 Probenahme 1 bar, so ergibt die Ausweitung der Gleichung (1) in Abhängigkeit der Probennahmetiefe unter Grundwasserstand folgende Volumen für die Wasserprobe im Probenröhrchen:

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

**Planung der Grundwasserprobennahme**

Zur Planung der Grundwasserprobenahme ist die Kenntnis der erforderlichen Ausbauunterlagen der Grundwassermessstelle notwendig. Die Planung umfasst die Berechnung des vor der Grundwasserprobenahme abzupumpenden 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 Grundwasserprobenahme das 1,5-fache Filtervolumen abzupumpen. 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)
  $V_{Probe} = V_{Schöpfer} [1 - p_g / p_z]$
  $V_{Probe} = 150ml(1l - 1/2,9)$
  $V_{Probe} \approx 98ml$
- 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 WS $p_{Probe} \approx$ 1,86 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 Wasser-probe das Grundwasser repräsentiert (Einhaltung des hydraulischen Abbruch-kriteriums). Um eine Vergleichbarkeit zwischen den durch die Grundwasserpro-bennahmepumpe geförderten, in seinen Leitkennwerten erfassten und on site ab-gefüllten Grundwasserproben mit der im BAT-Schöpfer befindlichen Grundwasser-probe 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.

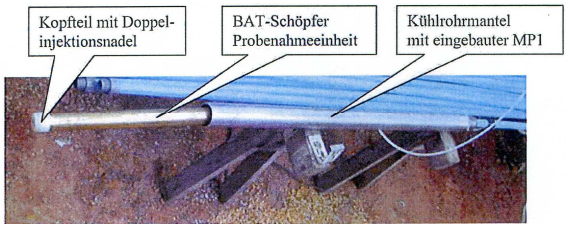



Abb. 2: BGD - Probennahmesystem

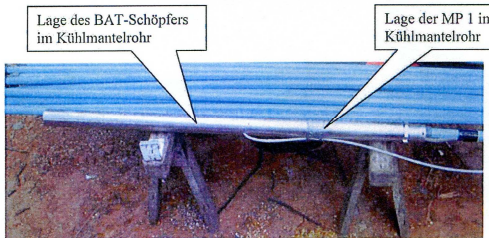



Abb. 3: BGD - Probennahmesystem

**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 Leitkennwerte 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 Druckverringerung in der Grundwasserprobe) und Bodensatz sowie die Endwerte der Leitkennwerte 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 Gleichgwichtsdruck 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 Turbolenz 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.

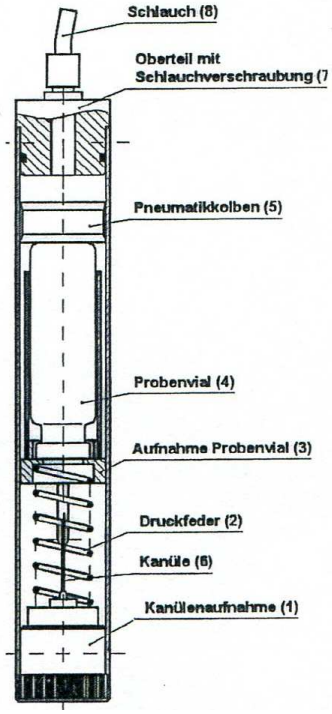



Abb. 1: Aufbau eines EGPS - Schöpfers

**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

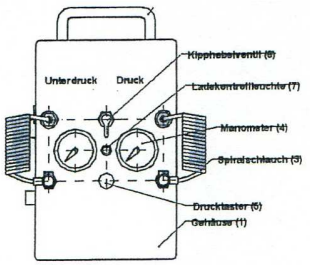



Abb. 2: Betriebsgerät

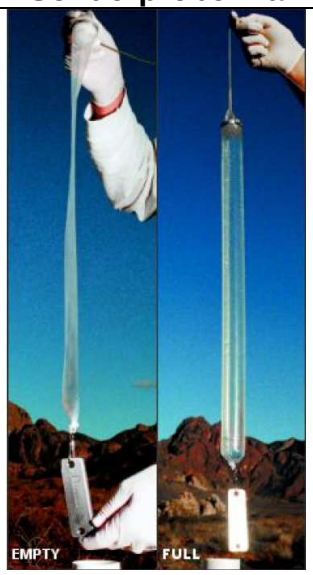
# Anhang 4.1.2.2

Typenblatt

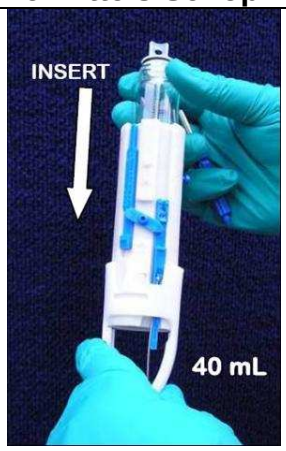
## Grundwasserprobennahme mittels Schöpfer nach internationalem Stand

## *Typenblatt*

### Sonderprobennahme mittels Schöpfverfahren nach internationalem Stand




a) HydraSleeve Sampler




b) Snap Sampler

Entnahme von Grundwasserproben nach dem Schöpfmechanismus mit Hilfe spezieller Schöpfapparate ohne vorheriges Abpumpen mit Anordnung der Probennahmevorrichtung im zu beprobenden Filterbereich. Der Probennehmer verbleibt im zu beprobenden Bereich bis zur Wiedereinstellung natürlicher Verhältnisse (bis 2 Wochen) mit in-situ Verschluss des Probennahmebehälters nach erfolgter Probennahme.

### 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 (Geolsight 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<br>[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<br>Probennahme: durch Aufwärtsbewegung mit einer Geschwindigkeit ≥ 1fps wird das Blattventil geöffnet und das Wasser eingelassen; Nach vollständiger Füllung schließt das Blattventil wieder<br>Abfüllen: Einbringen eines Ablassröhrchens<br>Probennahmevolumen: aktuell in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser → 80 ml – 4 l möglich |
| Snap Sampler<br>[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<br>Probennahme: durch einen mechanischen oder elektrischen Auslöser werden die Flaschen in-situ verschlossen<br>Abfüllen: Ein Umfüllen ist meist nicht erforderlich, die Gefäße können direkt zum Analysenlabor transportiert werden<br>Probennahmevolumen: aktuell in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser → 40 ml – 350 ml möglich |

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

## Tagesleistung

⇒ entfällt

## Erforderliche bzw. zweckmäßige Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit der Zielstellung

⇒ laut Herstellerangaben werden Verfahrenskombinationen weder als erforderlich noch zweckmäßig erachtet.

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

⇒ Mangelhafte Formulierung der Zielstellung

⇒ Mangelhafte Kenntnis über den tatsächlichen Ausbau der Grundwassermessstelle

⇒ Mangelnde Kenntnis über die Vertikalströmung in der Grundwassermessstelle sowie den Einfluss des Luftkontaktes des Wassers in der Messstelle auf die zu beprobende Wasserbeschaffenheit

⇒ Probennehmer nicht durchgehend komplett untergetaucht (z.B. aufgrund natürlicher oder anthropogen bewirkter Grundwasserschwankungen)

⇒ Anordnung der Probennehmer nicht im Bereich mit hydraulischem Kontakt zwischen GWMS und Aquifer

⇒ 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

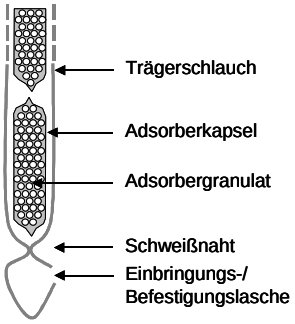
Typenblätter

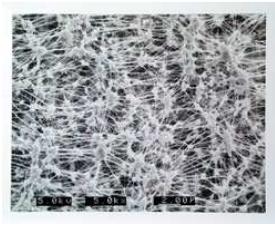
## Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler

## Typ Gore™ Surveys

## *Typenblatt*

### Grundwasserprobennahme mittels Passivsammler Typ Gore™ Surveys



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 Analysenergebnisse 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 Analysenergebnis 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 Abbauprodukte, 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 ≤ 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 Behältnis 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 µg/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 Behältnis 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 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.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 Analysenergebnis mit dem Sammler werden die Schadstoffkonzentrationen im umgebenden Wasser – eine ± 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_Attenuation/V11_InnovativeMess-undProbenahmetechniken.pdf

# Anhang 4.1.4

## Typenblätter

## Grundwasserprobennahme bei besonderen Probennahmesituationen

# Anhang 4.1.4.1

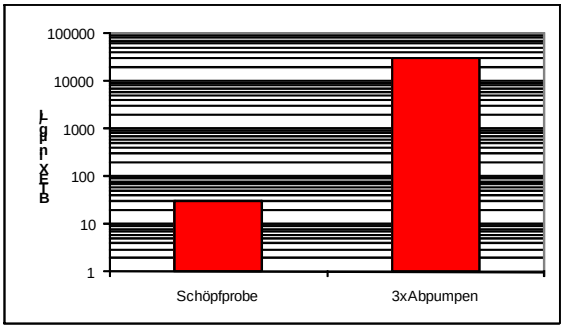
Typenblatt

Grundwasserprobennahme bei
besonderen Probennahmesituationen

## Hyrdaulisch 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 langzeitig 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 ≤ 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 ≤ 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

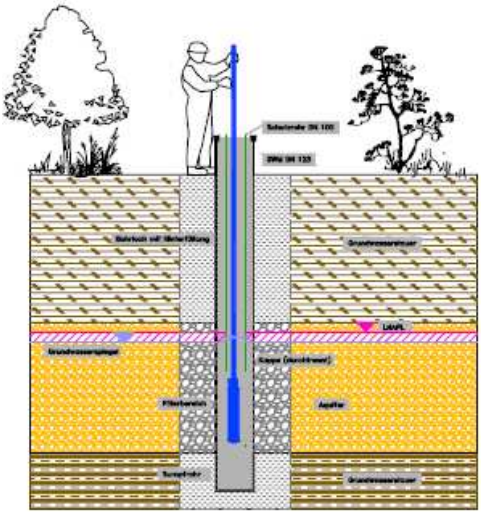
Typenblätter

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: ±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

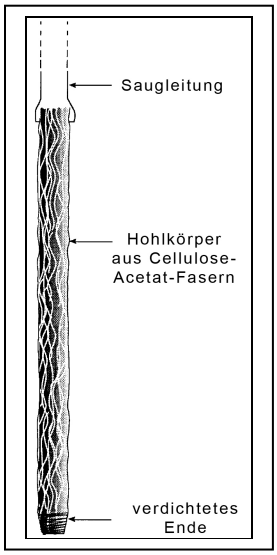
Typenblätter

## Bodenwasserprobennahme

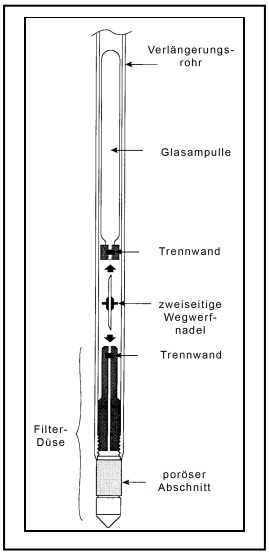
## Internationale Sonderverfahren (ASTM)

## *Typenblatt*

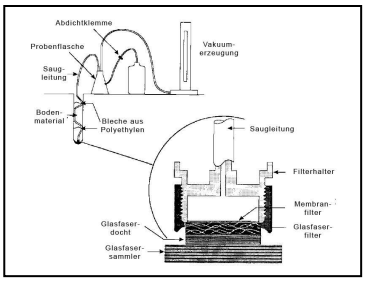
### Bodenwasserprobenahme - Internationale Sonderverfahren (ASTM)



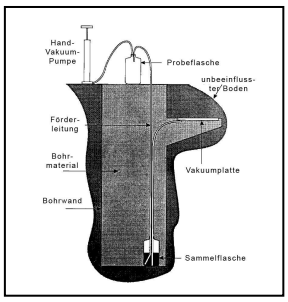

a)



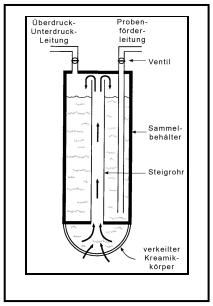

b)



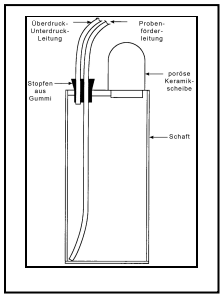

c)



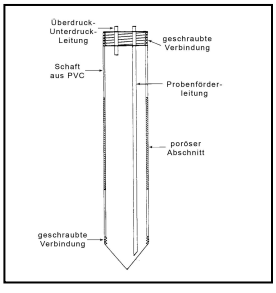

d)




e)




e)




e)

(Quelle ASTM, 2000)

**Verfahrensgrundsätze**

*a) Probennehmer aus Fasern:*
Probennehmer, 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) Probennehmer mit Filterdüse:*
Die zweiteilige 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) Probennehmer mit Membranfilter:*
Der Membranfilter ist in einem Filterhalter montiert, der auf dem Glasfaserfilter sitzt. Der Glasfaserfilter befindet sich auf 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.

*d) Probennehmer 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-Probennehmer:*
Es handelt sich um Probennehmer mit einem porösen Segment seitlich am Schaft, einem Probenehmer mit Sammelkammer und einem Probenehmer mit poröser Scheibe oberhalb des Schaftes, die einen Durchmesser von 7,6 bis 12,7 cm aufweißt.

| **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 |

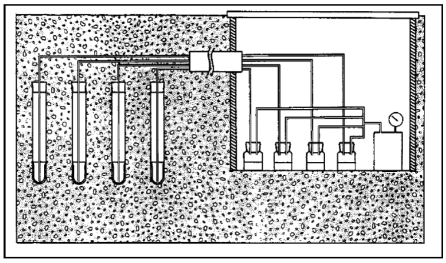
a)

| **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:<br>• Verlust leichtflüchtiger organischer Verbindungen durch Unterdruckförderung<br>• 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<br>• 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<br>• 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<br>• Filtereffekt (Screening) der Kerze in Abhängigkeit der Porenweite, dadurch Rückhalt von Kolloiden und Makromolekülen, (FeOH, Huminstoffe, org. Spurenstoffe)<br>• Clogging/Ausfällung/mikrobieller Bewuchs der Kerze, folglich Porenraumverringerung des porösen Materials abhängig vom Boden, dem Kerzenmaterial, der Saugspannung und dem Alter<br>• Freisetzungen 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

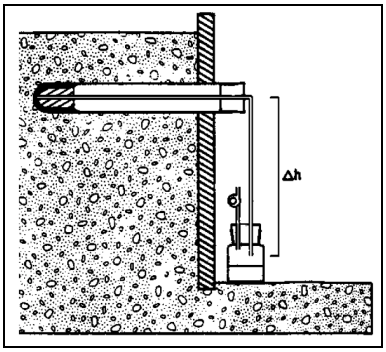
Typenblätter

## Bodenwasserprobennahme

## Einbauvarianten

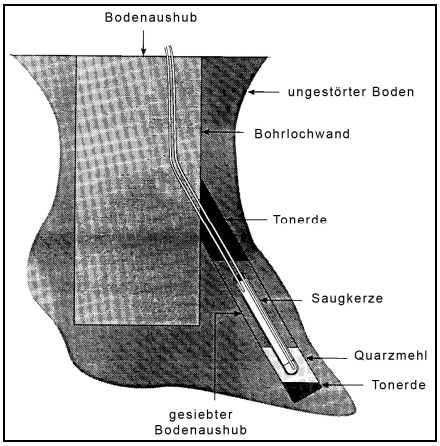
## *Typenblatt*

### 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 Bohrlochdurchmesser 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 Saugsonde 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 Bohrlochdurchmesser 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

⇒ Bodenwasserprobenahme

### Anwendungsgrenzen

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

| | Horizontaler Einbau | Vertikaler Einbau |
|---|---|---|
| **Nachteile** | • Installationstiefe auf ca. 4 m unter Gelände begrenzt<br>• aufwendig und teurer durch Errichtung eines Probennahmeschurfes oder -schachtes<br>• erhöhter Arbeitsschutzbedarf in kontaminierten Bereichen | • externe Anordnung einer Unterdruckerzeugungseinheit<br>• empfindlicher Druckwechsel<br>• kein nachträglicher 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

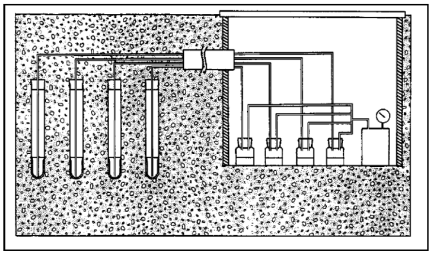
⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen.

**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 Einschlämmen 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  **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 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 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 4.2.3

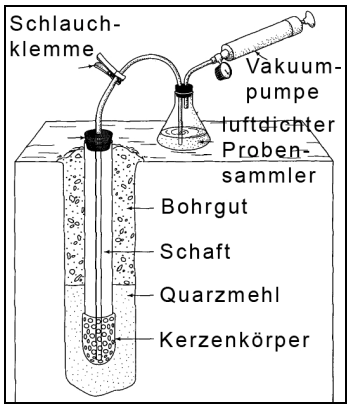
Typenblätter

## Bodenwasserprobennahme

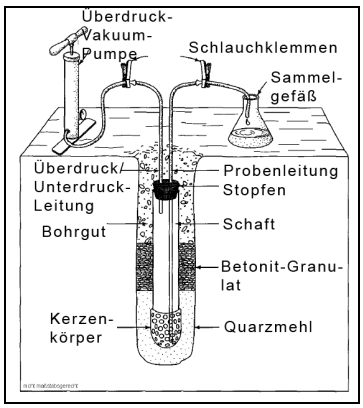
## Ein-Kammer-Saugkerzen

## *Typenblatt*

### Bodenwasserprobennahme - Ein-Kammer-Saugkerzen




a)




b)

(Quelle LUA, 2004)

**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.

### 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 unzweckmäßig

### 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

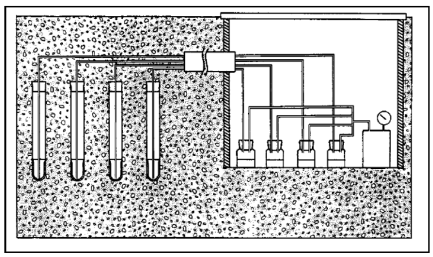
⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen

## 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  **Quelle: DVWK 1990** |
| unzureichender Schutz der Leitungen | Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren | Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz |

## 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

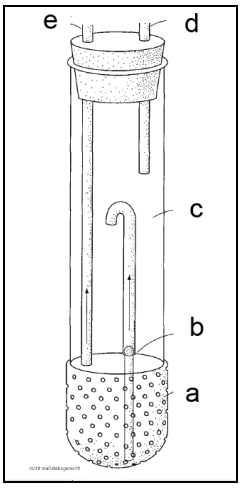
Typenblätter

## 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 unzweckmäßig

### 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

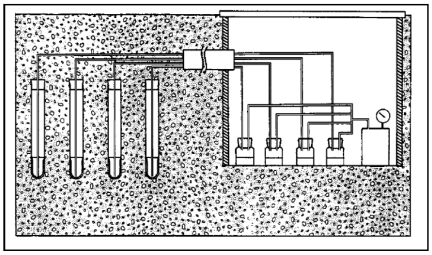
⇒ Probennahme in Kombination mit Tensiometer, Regenmesser, Bodenfeuchte- und Bodenluftmessstellenaufzeichnungen

## 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  **Quelle: DVWK 1990** |
| unzureichender Schutz der Leitungen | Leckagen durch Frost, beim Einbau, durch Fraß von Nagetieren | Komplettreinigung, Leitungen zuklemmen (kein Eindringen von Insekten), Witterungsschutz |

## 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

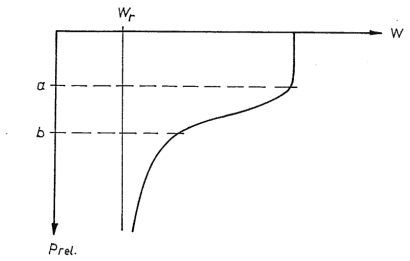
Typenblätter

## Bodenwasserprobennahme

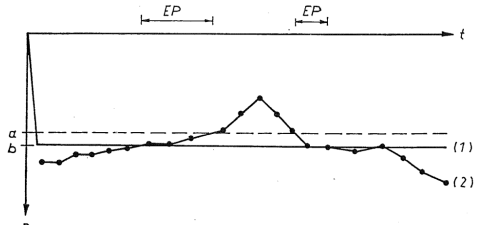
## Kapillardruckgesteuerte Probennahme

## *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 immobilen Bodenwasseranteils (Mischwasserprobe) und a bis b: Bodenwasserprobe aus dem vorrangig immobilen 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 Sammelbehältern 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 immobilen 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

⇒ Sickerwasserprobenahme 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 unzweckmäßig

## 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.

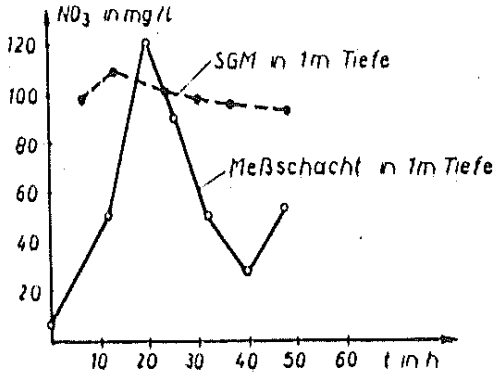



**Abb. 1:** Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „Messschacht“ mit einem vertikal installierten und ungesteuert betriebenen Bodenwassersammler „SGM“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

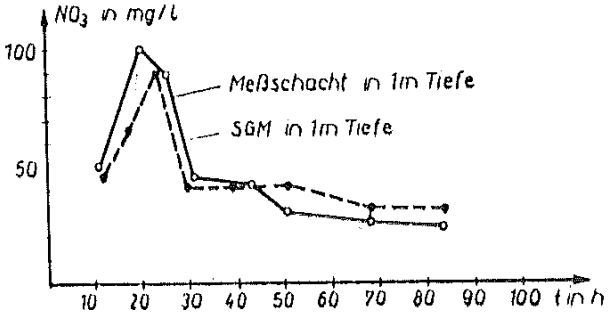



**Abb. 2:** Vergleich der in den Bodenwasserproben analysierten Nitratkonzentrationen als Funktion der Zeit zwischen dem horizontal installierten und kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „Messschacht“ mit einem vertikal installierten und ebenfalls kapillardruckgesteuert betriebenen Bodenwassersammler „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**

⇒ 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***)*

⇒ 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

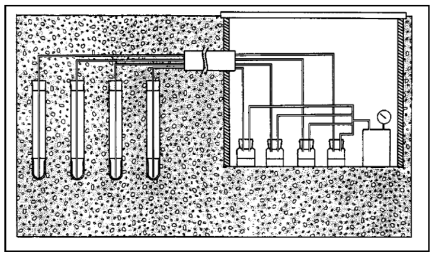
⇒ mangelhafte Dokumentation der Bodenwasserprobennahme

**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  **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 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.

⇒ 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

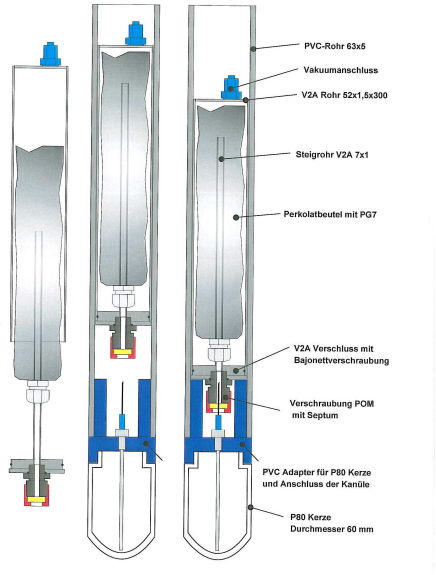
Typenblätter

## 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 Probentransportbehälter 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 Probentransportbehälter 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 unzweckmäßig

## 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 durchstochen und die Verbindung zwischen Saugkerze und Probennahmebeutel hergestellt
- durch Anlegen eines entsprechenden Unterdruckes an das Shuttle wird dieser über den gasdichten Beutel und die Verbindungskanüle 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 Dichtigkeit 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 Analysenergebnisse 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: ±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 Probennahmeverfahren 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 "*Direct Push*-Technologien" werden solchen Techniken und Methoden zusammengefasst, bei denen Sonden zur *in situ*-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 Monitorung 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/labo_nr4.pdf

# Anhang 4.3.2

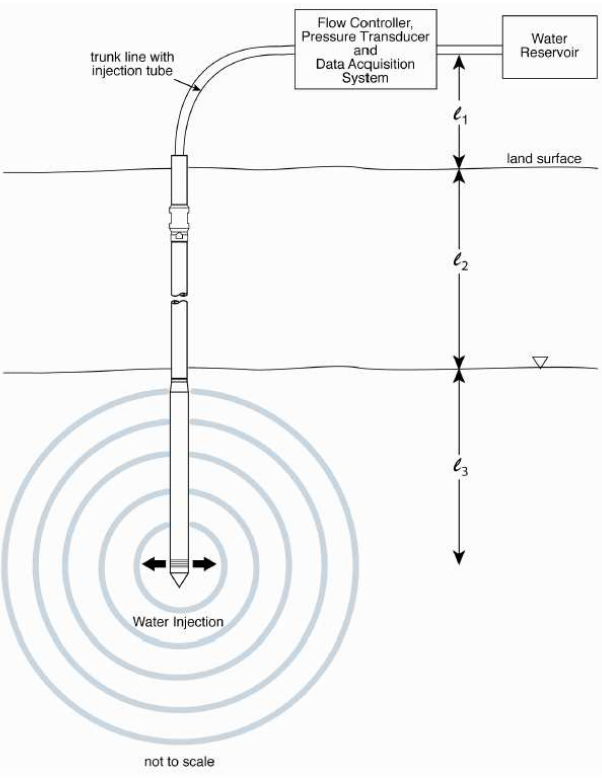
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Ermittlung hydraulischer Parameter**

## *Typenblatt*

### Direct Push-Verfahren - Ermittlung hydraulischer Parameter




**Verfahrensgrundsätze**

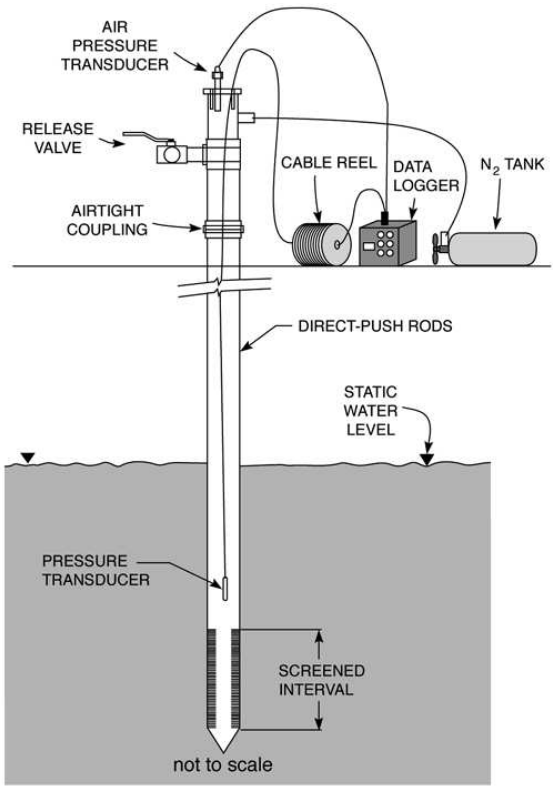
Sonden zur Ermittlung hydraulischer Parameter (hauptsächlich der hydraulischen Leitfähigkeit) erlauben eine kleinskalige Charakterisierung des Grundwasserleiters. Hierbei kann zwischen Verfahren unterschieden werden, bei denen Wasser in den Untergrund injiziert wird, um je nach Formation Injektionsdruck 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 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 Porendrücke 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 Geoenvir. 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

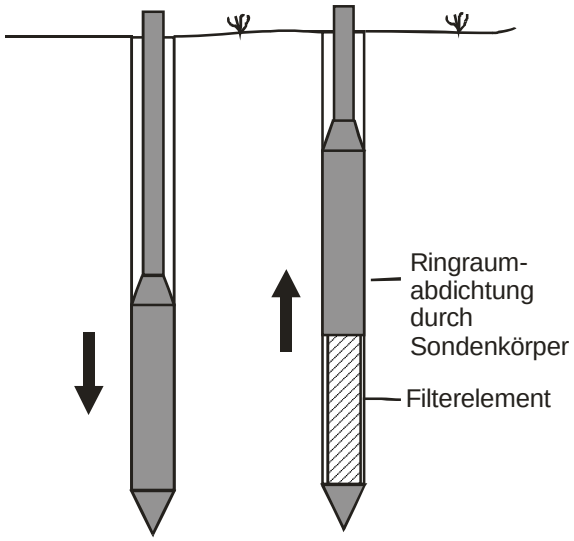
Typenblätter

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 Teflonschöpfgerät, 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 Schöpfgerät 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 & SAINEY, 1990,1992; KUHLMEIER & 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 Entnahmegeräte / 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 Falschluft 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 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-Probenahmeprotokoll

⇒ ASTM D 6089 Guide for Documenting a Ground Water Sampling Event

## Literaturhinweise/Links

⇒ United States Environmental Protection Agency (2005): Groundwater Sampling and Monitorung with Direct Push Technologies

⇒ 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)

⇒ 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/labo_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)<br>2. | |
| Vorhergehend beprobte Sondierstelle: | Witterung / Außentemperatur:: | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Endteufe: m u.GOK | | Rechtswert: | |
| Ruhewasserspiegel: m u.GOK | | Hochwert: | |
| Kontamination? ☐ ja ☐ nein ☐ Phase | | | |
| Verw. Filtertyp:<br>☐ SP 16 ☐ ..... | Art der Pumpe<br>..... | Probenahmegefäß<br>☐ Glasflasche (..... ml)<br>☐ ..... | |
| 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

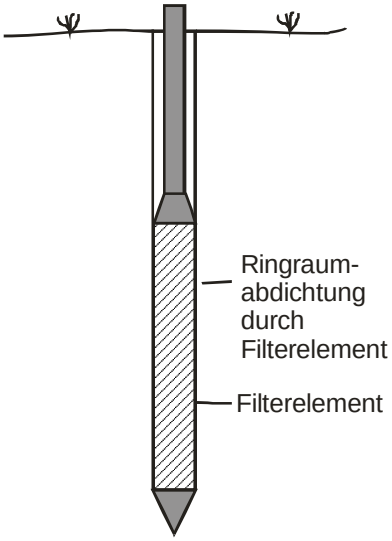
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

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

## *Typenblatt*

# Direct Push-Technologien - Grundwasserprobennahme unter Verwendung von Sonden mit freiliegendem Filterelement (exposed-screen)




**Verfahrensgrundsätze**

Sonden mit freiliegendem 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 gutdurchlässigen 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 Falschluft 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

⇒ 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): 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

⇒ 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 Research 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 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/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

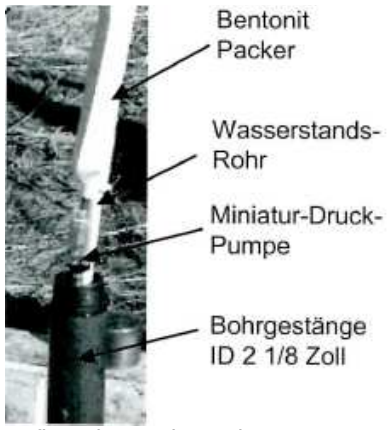
## Grundwasserprobennahme Multilevel-Lost-Pumpsystem

(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-FIow-Miniaturpumpen und Packer mit Hilfe der Direct-Push Technologien oder anderer Bohrverfahren in unterschiedlichen Tiefen verloren eingebaut. Zum Einbau wird ein Hohlbohrgestänge mit verlorener 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 des Probennahmesystems

*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-FIow-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.

- Limitierunqen: 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*

- Anschaffunqskosten: 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*

- Altlastenforum 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

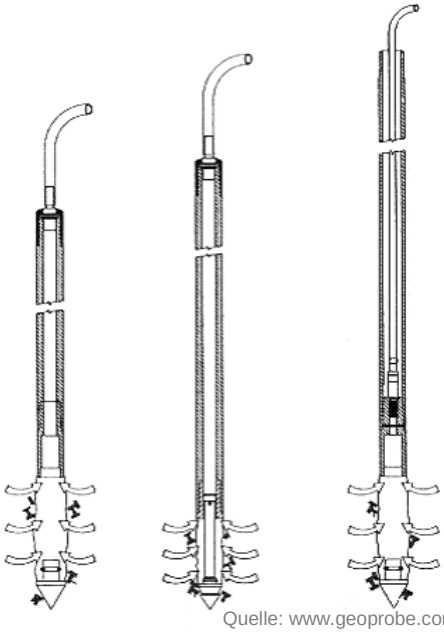
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

**Bodenluftprobennahme**

## *Typenblatt*

### Direct Push-Technologien -Bodenluftprobennahme



Quelle: www.geoprobe.com

**Verfahrensgrundsätze**

Die Bodenluftprobenahme 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 Bodenluftprobenahme 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 Bodenluftprobenahme verwendbar.

In einem bereits auf die Zieltiefe niedergebrachten Bohrloch besteht weiterhin die Möglichkeit der Bodenluftprobenahme 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 verlorener oder rückziebarer 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 Probentransports 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

⇒ Falschluft durch Undichtigkeiten

⇒ Neumayr: Sorptionseffekte an der Einwegspritze

⇒ Neumayr: Verluste beim Überführen

⇒ Neumayr: (Bohrloch-) Abdichtung gegen atmosphärische Falschluft

## 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: $O_2$, $CO_2$, $CH_4$)

⇒ 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/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-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 Messstele | ( ) | Name des Büros/Labors | | | | | |
| 3 | Datum, Uhrzeit der Bohrlocherstellung | ( ) | | | | | | |
| 4 | Datum, Uhrzeit der Probennahme | ( ) | | | | | | |
| 5 | Probenbezeichnug | ( ) | Probennehmer | ( ) | | | | |
| **B o h r l o c h** | | | | | | | | |
| 6 | Bohrwerkzeug | ☐ | Nutstange | ☐ | Rammkernb. | ☐ | ( ) | |
| 7 | Bohrlochdurchmesser [mm] | ☐ | bis 25 | ☐ | bis 36 | ☐ | bis 50 | ☐ größer 50 |
| 8 | Tiefe [m] | ( ) | | | | | | |
| 9 | Ausbau mit Filterrohren | ☐ | ohne | ☐ | Metall | ☐ | HDPE,PVC | ☐ ( ) |
| 10 | Abdichtung | ☐ | ohne | ☐ | mit: ( ) | | | |
| 11 | Wartezeit bis zur Probennahme | ☐ | ohne | ☐ | mit: ( ) | | | |
| **E n t n a h m e s o n d e** | | | | | | | | |
| 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. ( ) | |
| **A r t d e r P r o b e n s a m m l u n g** | | | | | | | | |
| 19 | Gassammelgefäß | ☐ | Pasteurpip. | ☐ | sonstige: ( ) | | | |
| 20 | Probenvolumen [ml] | ( ) | | | | | | |
| 21 | Doppelprobe (Bezeichnung) | ( ) | | | | | | |
| 22 | Adsoptionsröhrchen | ☐ | Typ: ( ) | ☐ | Volumen: ( ) ml | | | |
| 23 | Adsorbens | ☐ | A-Kohle | ☐ | sonst.: ( ) | | | |
| **Ö r t l i c h e G e g e b e n h e i t e n** | | | | | | | | |
| 24 | Oberflächenbefestigung | ☐ | ohne | ☐ | Beton/Aspalt | ☐ | Steinpflaser | ☐ ( ) |
| 25 | Bohrschichtenaufnahme | ☐ | ohne | ☐ | nach DIN 4022 | | | |
| **M e t e o r o l o g i s c h e V e r h ä l t n i s s e** | | | | | | | | |
| 26 | Wetter | ☐ | sonnig | ☐ | bewölkt | ☐ | Regen | ☐ ( ) |
| 27 | Lufttemperatur [°C] | ( ) | | | | | | |
| 28 | Luftdruck [Pascal] | ( ) | | | | | | |
| 29 | Relative Luftfeuchtigkeit | ( ) | | | | | | |
| **B e m e r k u n g e n u n d b e s o n d e r e V o r k o m m n i s s e** | | | | | | | | |
| 30 | Spritze gewechselt, Begründung | ☐ | | | | | | |
| 31 | Kanüle gewechselt, Begründung | ☐ | | | | | | |
| 32 | Sonde gewechselt, Begründung | ☐ | | | | | | |
| 33 | sonstige Bemerkungen | ☐ | | | | | | |
| **P r o b e n t r a n s p o r t u n d – ü b e r g a b e** | | | | | | | | |
| 34 | Transport | ☐ | gekühlt | ☐ | dunkel | ☐ | Orginalproge | ☐ Extrakt |
| 35 | Besondere Vorkommnisse | ☐ | | | | | | |
| 36 | Übergabe an Probenlager (Datum, Uhrzeit) | ☐ | ( / ) | | | | | |
| 37 | Übergabe an Labor (Datum, Uhrzeit) | ☐ | ( / ) | | | | | |
| 38 | Unterschriften für die Richtigkeit der Angaben | | Probennehmer/in | | 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: |
| Probenehmer: | | |
| Art des Entnahmeverfahrens: | | |
| Art der Probensammlung: | | |
| □ Gassammelgefäß | □ Adsorptionsröhrchen | □ Direktmessung |
| □ Headspace-Gläschen<br>□ Pasteurpipette<br>□ Sonstige:<br>Volumen [ml]: | Typ:<br>Adsorbens:<br>Volumen [ml]: | □ GC-MS<br>□ Sonstiges:<br>Volumen [ml]: |
| Mehrfachbeprobung: □ ja, Anzahl: | | □ nein |
| Vor-Ort- Messungen: | | |
| □ $CO_2$ [Vol%]: | □ $O_2$ [Vol %]: | □ $CH_4$ [Vol%]: |
| □ $H_2S$ [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<br>Datum / Uhrzeit: | Unterschrift Probennehmer: | |
| Übergabe der Probe an Untersuchungsstelle/Labor<br>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 Probensammlung | 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

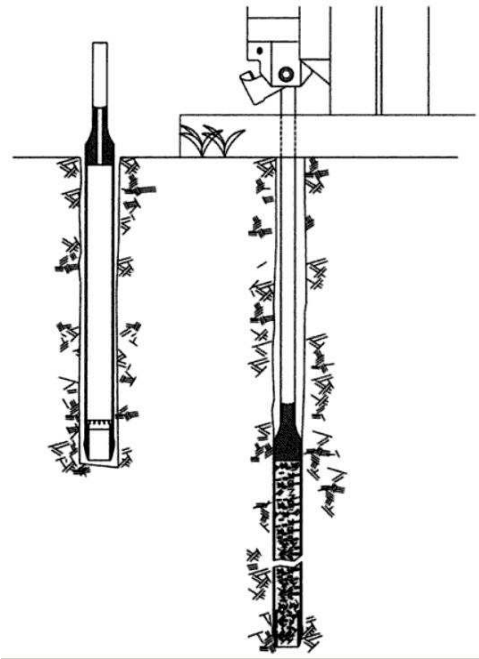
Direct Push-Verfahren

## 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 Bodenprobenahme 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-Probennehmer 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 Probennehmern *„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 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

## 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 verschiednen 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-Probennehmer 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 Probennehmer
- ⇒ 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 – Probenahmeverfahren 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 Protecion 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 (2995): 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 4.3.5.2

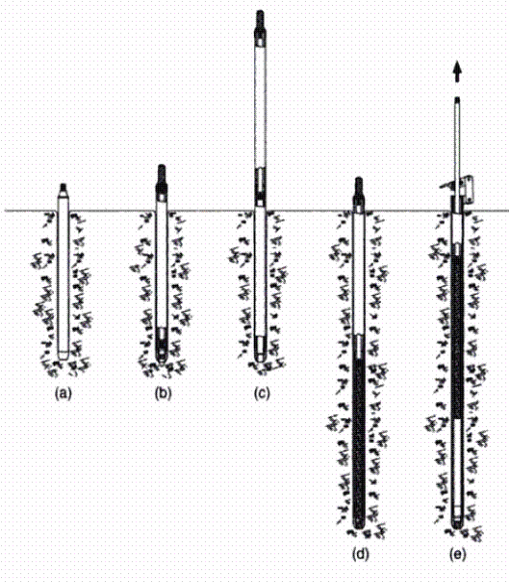
Typenblätter

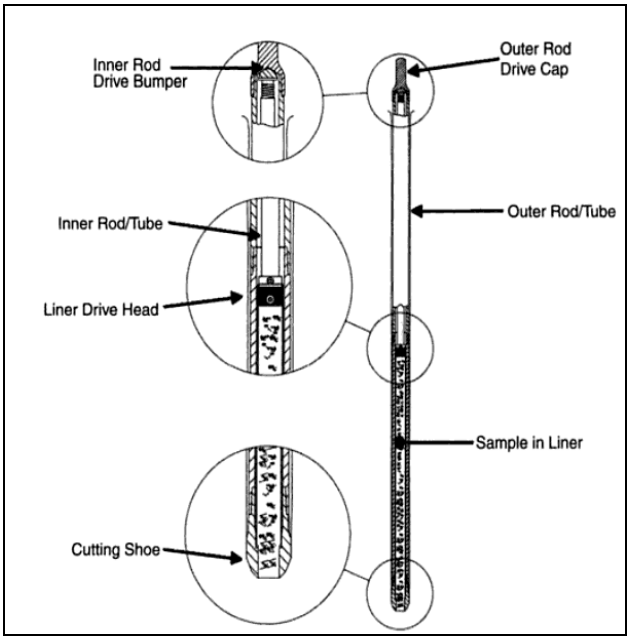
Direct Push-Verfahren

## 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 Querkontaminaton 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 – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen“, ehemals Bohrgeräteführer 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 Protecion 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 (2995): 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

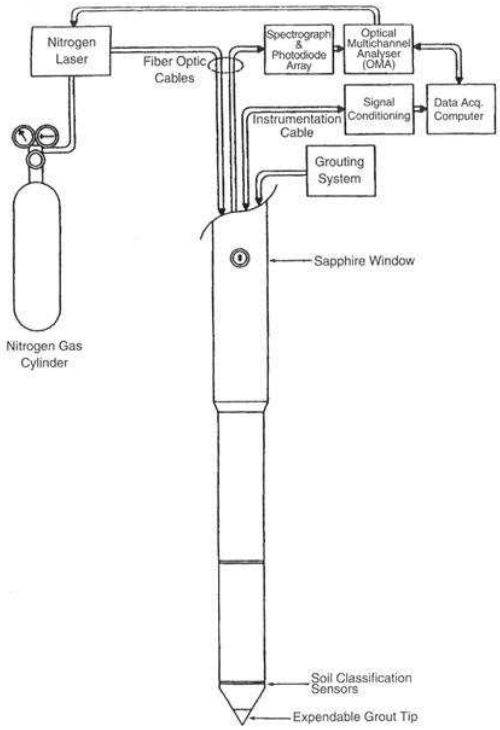
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

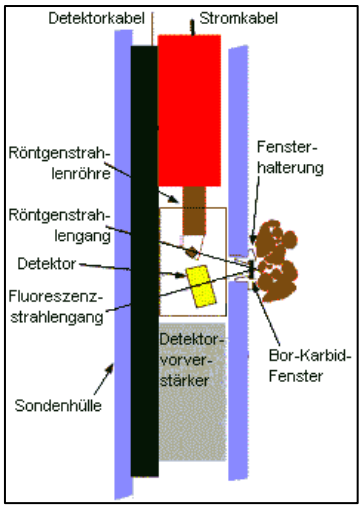
## Schadstoffdetektierende Sonden (allgemein)

## *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 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/labo_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

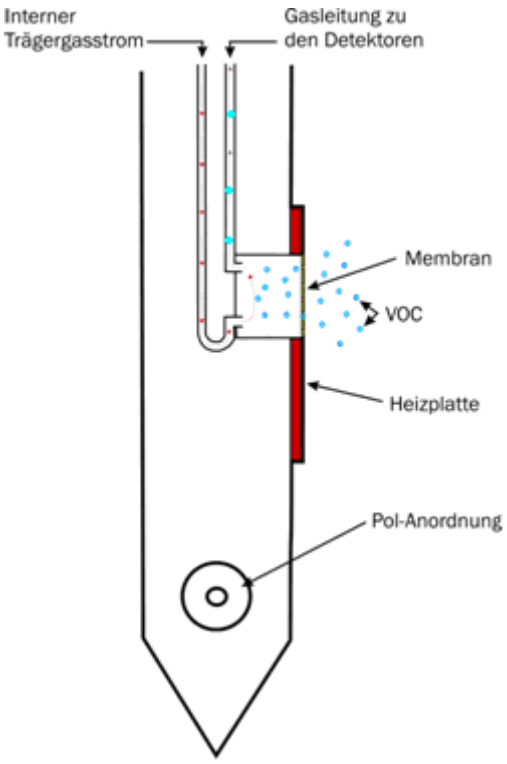
Typenblätter

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℃ 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 vor geschalteten 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 – Probenahmeverfahren 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 Practise 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, NationalGround Water Association’s Outdoor Action Conference, LasVegas, 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-Probenahmeverfahren 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

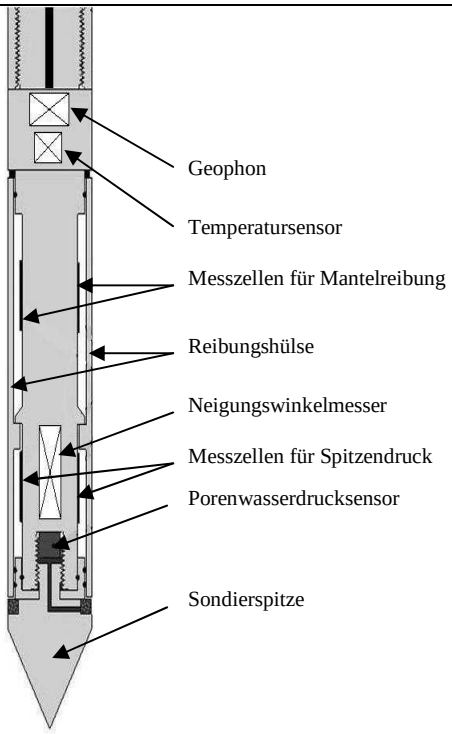
Typenblätter

Direct Push-Verfahren

## Sonden zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter

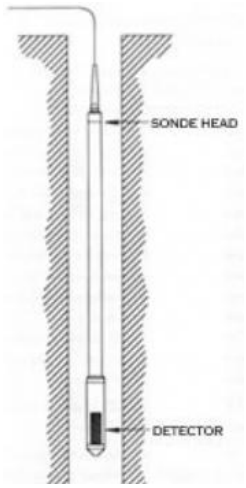
## *Typenblatt*

### Direct Push-Technologien - Sonden zur Ermittlung geophysikalischer und geotechnischer Parameter




Elektrische CPT-Sonde

EC-Sonde




Gammasonde

**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 Gammasonden 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 Probennahmegestängen 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 Gammasonde möglich.

Zur Ermittlung *geotechnischer Parameter* kommen Cone Penetraion 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 an 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): Practrice 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 Piezoelemete 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 – Probenahmeverfahren 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