

Handbuch Grundwasserbeobachtung

Teil 5

Grundwasserprobennahme

Stand: Mai 2003

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	3
Einleitung	4
Teil 1 Grundlagen	
1 Richtlinien und Regeln zur Grundwasserprobennahme	5
2 Grundwassermessstellen	6
2.1 Messstellentypen	6
2.1.1 Vollverfilterte Messstellen	7
2.1.2 Mehrfach verfilterte Messstellen	7
2.1.3 Teilverfilterte Messstellen	7
2.1.4 Messstellenbündel	7
2.1.5 Messstellengruppen	8
2.1.6 Sondermessstellen	8
2.2 Dokumentation im Messstellenpass	8
3 Quellen	8
4 Probennahmesysteme und -techniken	9
4.1 Überblick über Grundwasserprobennahmesysteme und -techniken	9
4.2 Auswahlkriterien für Probennahmesysteme	10
4.2.1 Auswahl nach beschaffenheitsverändernder Wirkung	10
4.2.2 Auswahl als Funktion des Kennwerte-/Messgrößenspektrums	11
4.3 Packersysteme	12
4.4 Einfluss von Werkstoffen auf die Grundwasserprobe	14
Teil 2 Technologie der Probennahme	
1 Planung	20
1.1 Auswertung vorhandener Unterlagen	20
1.2 Vorbereitung von Probennahmegeräten und Probennahmegefäßen	21
2 Entnahme von Grundwasserproben	22
2.1 Lotung der Messstelle und Ruhewasserspiegelmessung	22
2.2 Einbau der Pumpe	22
2.3 Abpumpen	23
2.3.1 Hydraulisches Kriterium	23
2.3.2 Beschaffenheitskriterium	24
2.3.3 Festlegung messstellenspezifischer Abpumpkriterien	25
2.3.4 Optimierung der Förderrate	25
3 Entnahme von Quellwasserproben	26
4 Messungen vor Ort	26
4.1 Messung der Leitkennwerte	26
4.2 Volumenmessung während einer Pumpprobennahme	27
4.3 Schüttungsmessung bei der Probennahme von Quellen	27
5 Probenvorbehandlung, Transport und Lagerung der Proben	28
5.1 Einflussquellen	28
5.2 Probenvorbehandlung	29
5.3 Abfüllen der Proben	30
5.4 Transport und Lagerung	31
6 Nachbereitung der Probennahme	31
6.1 Dokumentation der Ergebnisse	31
6.2 Wartung der Geräte und Behälter	32

7	Qualitätssicherung bei der Probennahme	33
7.1	Eindeutigkeit der Messstelle	33
7.2	Gerätetechnik	33
7.3	Probennahme	34
7.4	Probentransport	34
8	Arbeitsschutz	34
9	Literaturverzeichnis	36
10	Abbildungsverzeichnis.....	40
11	Tabellenverzeichnis	40
12	Anlagenverzeichnis	40

Vorbemerkung

Die Gewinnung repräsentativer Grundwasserproben ist für jedes Untersuchungsprogramm von herausragender Bedeutung und hat erheblichen Einfluss auf wasserwirtschaftliche Entscheidungen und wissenschaftliche Forschungsergebnisse.

Die Probennahme gilt noch immer als eine Hauptfehlerquelle bei der Bestimmung von Wasserinhaltsstoffen. Eine unsachgemäße Durchführung der Probennahme führt zu Fehlern, die das Messergebnis um ein Vielfaches der Analysengenauigkeit verfälschen können. Grundwasserprobennahmen sind daher nur von geschulten Mitarbeitern durchzuführen.

In der Bundesrepublik Deutschland existiert eine Vielzahl von Richtlinien und Regeln zur Entnahme von Grundwasserproben. Dieses Regelwerk wird ständig an den Stand von Wissenschaft und Technik angepasst.

Behördenvertreter der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt sowie Mitarbeiter des UFZ-Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH haben im Arbeitskreis „Grundwasserprobennahme“ den aktuellen Kenntnisstand in einem gemeinsamen Merkblatt der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt zusammengefasst.

Es war das Anliegen des Arbeitskreises, weiterführende Erkenntnisse der letzten Jahre zur Vertiefung des gegenwärtigen Regelwerkes aufzuarbeiten.

An diesem Merkblatt haben mitgearbeitet:

Barthel, Eike	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle
Dehnert, Dr. Jörg	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden
Döring, Uwe	Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Radebeul
Grötzner, Marion	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle
Höpfner, Thomas	Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft, Leipzig
Kater, Dr. Rolf	Landesamt für Geologie und Bergwesen LSA, Halle
Kuhn, Karin	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden
Lankau, Rosemarie	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden
Rauch, Holger	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Lutherstadt Wittenberg
Rückert, Dr. Michael	UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig
Scheerbaum, Michael	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden
Schirmer, Dr. Mario	UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Halle
Weiß, Dr. Holger	UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Einleitung

Um die Repräsentativität von Grundwasserproben und die Vergleichbarkeit der Daten zur Grundwasserbeschaffenheit zwischen verschiedenen Messnetzen zu sichern, müssen einheitliche Richtlinien für den Messstellenbau, eine repräsentative Grundwasserprobennahme und eine sorgfältige Analytik angewendet werden. In der Bundesrepublik Deutschland existiert eine Vielzahl von Richtlinien und Regeln zur Entnahme von Grundwasserproben. Das Merkblatt baut auf diesem Regelwerk auf und führt es inhaltlich weiter. Grundlagen für das Merkblatt bilden vor allem die DVWK-Regel 128 "Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben" (1992) und das DVWK-Merkblatt 245 "Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen" (1997).

Die Ausführungen des Merkblatts zu Grundwassermessstellen, Probennahmesystemen und -techniken sowie zur Entnahme von Grundwasserproben beziehen sich auf die Beprobung von Porengrundwasserleitern. Sie sind gegebenenfalls auch auf Kluftgrundwasserleiter anwendbar, wenn deren Besonderheiten beachtet werden.

Das vorliegende Merkblatt behandelt den „Regelfall“ der repräsentativen Grundwasserprobennahme. Sonderfälle wie z. B. die Beprobung kontaminierter Grundwässer werden in Ergänzungsblättern gesondert betrachtet.

Teil 1 Grundlagen

1 Richtlinien und Regeln zur Grundwasserprobenahme

Zur Planung, Vorbereitung und Durchführung der Grundwasserprobenahme existiert in Deutschland ein umfangreiches Regelwerk. Eine Übersicht bietet die Abbildung 1. Die einzelnen Regeln und Merkblätter werden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bei den verschiedenen Aufgaben und Problemstellungen der Probenahme eingeschätzt.

Merkblatt/ Regelwerk	Qualitäts-sicherung	Grundwasser-messstellen	Probenahme-systeme und -techni-ken	Einfluss von Werkstoffen auf die Grund-wasserprobe	Vorbereitung der Probenahmege-räte und Proben-nahmegefäße	Leitkennwerte	Technologie der Probenahme
DIN 38402 - Teil 13 Probenahme aus Grundwasserleitern (1985)							
DVWK-Merkblatt 245 Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen (1997)							
DVWK-Schrift 84 Grundwasser-Redoxpotential-messung Probenahmeegeräte (1989)							
DVWK-Mitteilung 20 Einflüsse von Messstellenausbau und Pumpenmaterial auf die Beschaffenheit einer Wasser-probe (1990)							
DVWK-Regeln 128 Entnahme und Untersuchungsum-fang von Grundwasserproben (1992)							
DVGW-Merkblatt W112 Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grund-wasser (2001)							
DVGW-Merkblatt W121 Bau und Ausbau von Grund-wassermessstellen (2002)							
LAWA Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 3 - Grundwasser-beschaffenheit (1993)							
LAWA Empfehlungen zu Konfiguration und von Messnetzen sowie zu Bau und Betrieb von Grundwasser-messstellen - (qualitativ) (1999)							
LAWA AQS-Merkblatt P-8/2 für die Quali-tätssicherung bei Wasser, Ab-wasser und Schlammuntersuch-ungen (1995)							

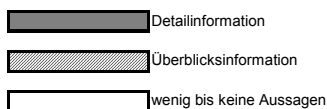


Abb. 1: Regelwerk zur Grundwasserprobenahme

2 Grundwassermessstellen

2.1 Messstellentypen

Kriterien zur Auswahl des Messstellentyps ergeben sich aus der Aufgabe und der jeweiligen hydrogeologischen Situation. Informationen zu diesen Auswahlkriterien geben u. a. der DVWK (1997) und DEHNERT et al. (2001). Eine schematische Darstellung der verschiedenen Messstellentypen zeigt Abbildung 2.

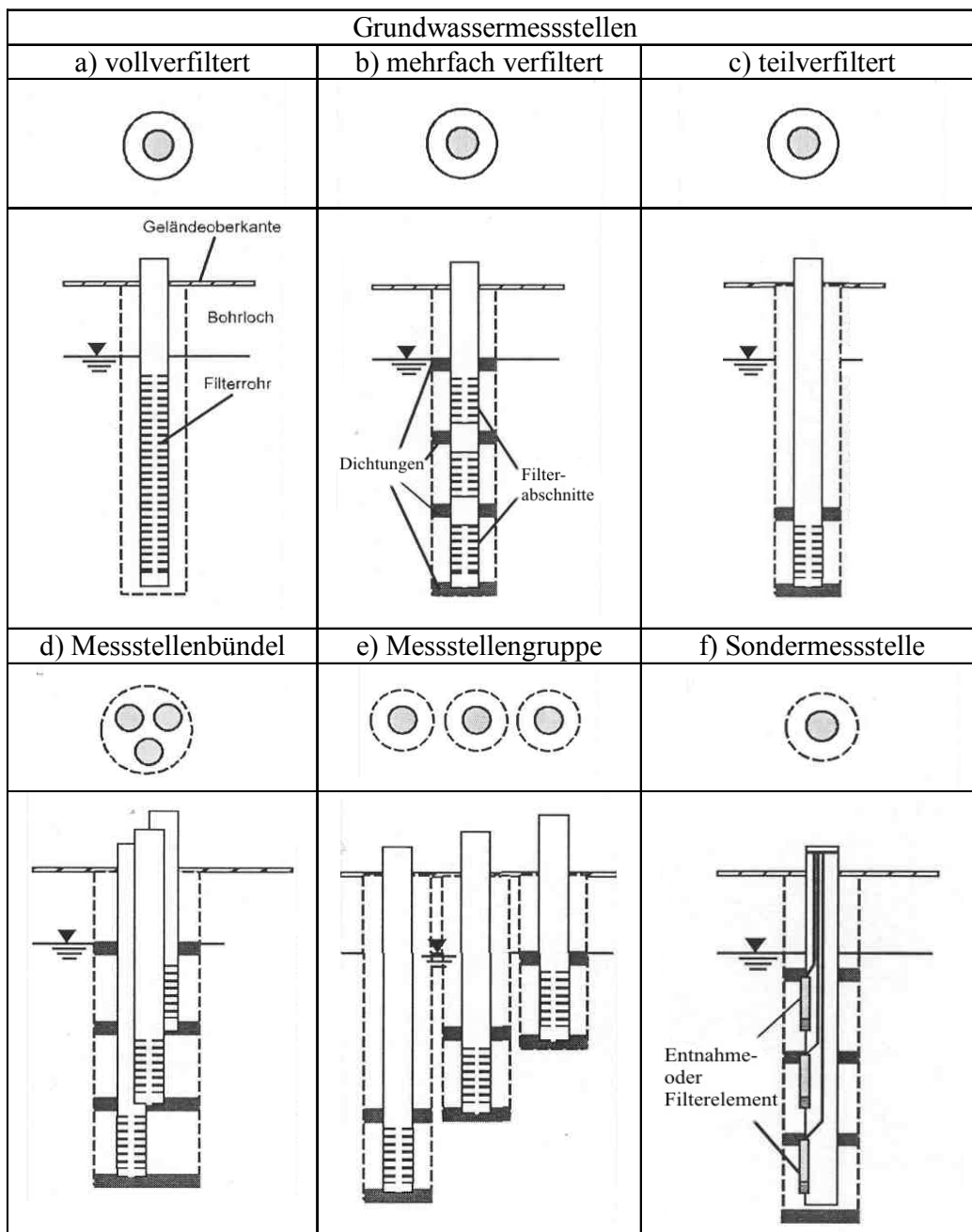


Abb. 2: Systematisierung der Messstellentypen (DVWK 1997, geänd. und ergänzt)

2.1.1 Vollverfilterte Messstellen

Vollverfilterte Messstellen sind über die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters ausgebaut. Die in Grundwasserleitern häufig vorhandenen vertikalen Potentialunterschiede verursachen in den Filterrohren und Filterschüttungen Strömungen, die zur Veränderung einer vertikal differenzierten Beschaffenheit im Abstrom solcher Messstellen führen können. Schadstoffe im Grundwasser können dadurch in bisher nicht kontaminierte Bereiche des Grundwasserleiters verschleppt werden. Eine tiefenorientierte Probennahme ist nur in Verbindung mit technisch aufwendigen Probennahmesystemen möglich, die eine Umströmung der Messstelle über den Ringraum unterbinden. Hierzu zählen Packer- und Multi-Level-Systeme, Separation-Pumping-Systeme, Baffle-Systeme und Multi-portsamplers-Systeme (LERNER und TEUTSCH 1995). Eine Beschreibung ausgewählter Probennahmetechniken findet sich bei NILSSON et al. (1995 a), SCHIRMER et al. (1995) und KALERIS et al. (1995). Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Probennahmesysteme wurden von NILSSON et al. (1995 b) sowie JONES und LERNER (1995) vorgestellt. Ohne den Einsatz solcher Probennahmesysteme können aus vollverfilterten Messstellen nur zuflussgewichtete Mischproben über den gesamten verfilterten Bereich der Messstelle gewonnen werden. Allerdings ist die Wirksamkeit der Probennahmesysteme unterschiedlich. So können einfache Packersysteme über den Ringraum einer Messstelle umströmt werden. Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit von Probennahmesystemen ist im Einzelfall schwierig.

2.1.2 Mehrfach verfilterte Messstellen

Mehrfach verfilterte Messstellen verfügen über mehrere durch Vollrohre voneinander getrennte Filterstrecken. Die einzelnen Filterstrecken sind durch Dichtungen im Ringraum voneinander getrennt. Die Dichtungen verhindern eine hydraulische Verbindung der Filterstrecken über den Ringraum und bewirken bei einer Anbindung an natürliche geringdurchlässige Schichten eine hydraulische Trennung der verfilterten Horizonte. Die tiefenorientierte Beprobung erfordert den Einsatz von Mehrfach-Packersystemen, um Vertikalströmungen innerhalb der Messstelle zu unterbinden. Die Probennahme ist daher ähnlich aufwendig wie bei vollverfilterten Messstellen, gestattet aber eine exaktere tiefenorientierte Probennahme.

2.1.3 Teilverfilterte Messstellen

Teilverfilterte Messstellen sind nur über einen begrenzten Bereich des Grundwasserleiters mit einem Filter ausgebaut und ermöglichen für diesen Bereich eine tiefenorientierte Probennahme. Die Lage des Filters wird von der Aufgabenstellung der Messstelle bestimmt. Die Länge des Filters sollte in der Regel 2 Meter nicht überschreiten. Je Länger die Filterstrecke, umso größer ist das Risiko der Vertikalströmung und damit der Verfälschung der tiefenbezogenen Analyseergebnisse.

2.1.4 Messstellenbündel

Messstellenbündel bestehen aus mehreren innerhalb einer Bohrung in verschiedenen Tiefen installierten teilverfilterten Messstellen. Um hydraulische Kurzschlussverbindungen der einzelnen Filterstrecken über den Ringraum zu verhindern, ist ein sorgfältiger Einbau der Dichtungen erforderlich.

Ein weiterer Nachteil dieses Messstellentyps sind der große Bohrlochdurchmesser und die damit verbundene Störung des natürlichen Untergrundes. Bei fachgerechtem Ausbau sind Messstellenbündel für eine tiefenorientierte Probennahme geeignet.

2.1.5 Messstellengruppen

Messstellengruppen bestehen aus einzelnen in separaten Bohrungen installierten teilverfilterten Grundwassermessstellen mit unterschiedlichen Ausbautiefen. Dieser Messstellentyp ist robust und funktionssicher. Der Untergrund wird an der Einzelmessstelle durch den geringen Bohrdurchmesser minimal gestört. Zudem lässt sich die Messstellengruppe gut an eine Schichtung des Grundwasserleiters anpassen und ermöglicht so eine tiefenorientierte Probennahme. Die Errichtung einer Messstellengruppe verursacht etwa die gleichen Kosten wie die Errichtung eines Messstellenbündels. Bei der Errichtung neuer Grundwassermessstellen sollte dieser Messstellenart bzw. der teilverfilterten Einzelmessstelle aufgrund der genannten Vorteile für eine repräsentative Grundwasserprobennahme der Vorzug gegeben werden.

2.1.6 Sondermessstellen

Sondermessstellen sind Messstellen von unterschiedlichem Aussehen. Das können z. B. im Bohrloch punktförmig angeordnete, verloren eingebaute Förder Elemente oder verfilterte Messstellen mit installiertem Probennahmesystem sein. Sie eignen sich für besonders komplizierte Schichtungen des Grundwasserleiters, die Beprobungsmöglichkeiten in verschiedenen Tiefen erfordern bzw. für Fälle, bei denen der Ort für die Befüllung des Probennahmegefäßes nicht an der Erdoberfläche angeordnet werden kann. Auf Grund der besonderen Verfahrensweisen, die sich auch für die einzelnen Typen von Sondermessstellen unterscheiden, ist die Probennahme an Sondermessstellen nicht Gegenstand des Merkblatts.

2.2 Dokumentation im Messstellenpass

Der Messstellenpass enthält die für die Probennahme wichtigen Informationen (Anlage 1). Er ist aus der Messstellenakte zu erarbeiten. Der Messstellenpass ist je nach Interessenlage durch den Eigentümer oder Betreiber der Messstelle, den Auftraggeber der Probennahme oder den Probennehmer zu erstellen und aufzubewahren. Zweckmäßigerweise sollte eine Kopie des Messstellenpasses der Messstellenakte beigelegt werden. Analysen von Grundwasserproben aus Messstellen, zu denen die im Messstellenpass zusammengestellten Informationen fehlen, sind nur eingeschränkt nutzbar.

3 Quellen

Beschreibungen zu Quelltypen sind in LAWA (1995 a) und LfUG (1997) zu finden.

Quellen sind örtlich begrenzte Grundwasseraustritte (DIN 4049-3). Hierbei kann es sich sowohl um natürliche Quellen, als auch um künstlich angelegte Grundwasseraustritte handeln. Künstliche Quellen sind beispielsweise Stollenfassungen (LAWA 1995 a) und Sickerstränge (LfUG 1997).

Das Grundwasser tritt in Quellen frei aus. Hierdurch entfallen alle mit dem Einsatz von Pumpen verbundenen Fragen (Einhängtiefe, Förderrate, Abpumpvolumen, Kontaminationsgefahr durch die Pumpe usw. ...). Hinweise zur Eignung der verschiedenen Quelltypen zur Gewinnung repräsentativer Proben gibt die LAWA (1995 a).

Messungen an Quellen repräsentieren ein Einzugsgebiet, zu dem am Quellaustritt ein integraler Messwert gewonnen werden kann (TOUSSAINT 1999).

4 Probennahmesysteme und –techniken

4.1 Überblick über Grundwasserprobennahmesysteme und -techniken

Probennahmesysteme können nach folgenden Kriterien untergliedert werden (DVWK 1997):

- Anordnung (über Tage oder im Grundwasser)
- Förderprinzip (kontinuierlich oder diskontinuierlich)
- Förderverfahren (z.B. Saugverfahren, Druckverfahren, Schöpfverfahren)

Die Abbildung 3 zeigt Prinzipskizzen von Probennahmesystemen.

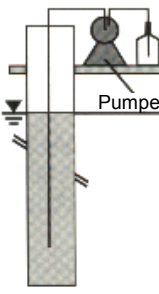
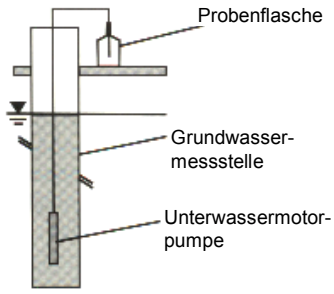
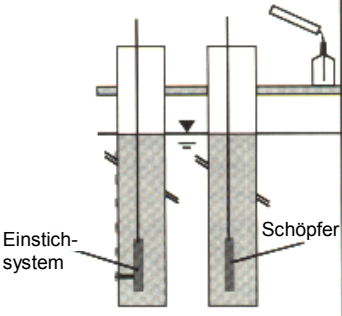
Entnahmegerät						
Förderung	kontinuierlich				diskontinuierlich	
Verfahren	Saugverfahren	Druckverfahren	Injektorverfahren	Lufthebeverfahren	Einstichverfahren	Schöpfverfahren
Vertreter	Kreiselpumpe	Unterwassermotor-, Membran- und Kolbenpumpe	Tiefsauger	Mammutpumpe	Multi-Point-System	Schöpfer
Anordnung	über Tage	im Grundwasser				
Prinzip						

Abb. 3: Systematisierung von Grundwasserentnahmegeräten (aus DVWK 1997)

Ein wichtiges Unterscheidungskriterium ist die Mobilität. Am häufigsten werden mobile Probennahmesysteme eingesetzt. Dabei besteht durch den ständigen Ein- und Ausbau in verschiedene Grundwassermessstellen die Gefahr der Verschleppung von Schadstoffen. Durch eine qualitätsbewusste Probennahme (Planung der Beprobungsreihenfolge, Wartung und Reinigung von Pumpen, Leitungen usw.) können diese Verschleppungseffekte jedoch minimiert bis ausgeschlossen werden. Mit Hilfe von Qualitätssicherungsmaßnahmen werden sie überwacht.

Stationäre Probennahmesysteme verbleiben über einen längeren Zeitraum in einer Messstelle, können aber auch direkt im Grundwasserleiter (verlorener Ausbau) angeordnet werden. Die Gefahr der Verschleppung besteht nicht. Durch den langfristigen Einbau solcher Probennahmesysteme kann es zu Ablagerungen und Korrosion kommen. Die oft schwierigen und teilweise fehlenden Wartungsmöglichkeiten der Probennahmesysteme sind ein großer Nachteil.

4.2 Auswahlkriterien für Probennahmesysteme

Die Auswahl geeigneter Probennahmesysteme wird durch die beschaffenheitsverändernde Wirkung der Förderverfahren und die Förderhöhe bestimmt. Eine Einschätzung der Beeinflussung von Wasserproben durch verschiedene Probennahmetechniken zeigen die Abbildungen 4 und 5.

Eine Beschreibung der Pumpen enthält Anlage 2.

4.2.1 Auswahl nach beschaffenheitsverändernder Wirkung

Beeinflussung durch	Probennahmetechnik					
	Saugpumpe (on site)	Mammutpumpe	Tiefsauger	Unterwassermotorpumpe ¹	Verdrängerpumpe ³	Schöpfer ²
Unterdruck/Überdruck	○	○	○	○	●	●
Verwirbelung	○	○	○	●	●	●
Lufteintrag	●	○	●	●	●	●
Fremdwasser	●	●	○	●	●	●

¹ UWM-Pumpen sichern nur bei einer Drehzahlsteuerung die Anpassung der Förderleistung an die hydraulischen Gegebenheiten der Messstelle.

² Unter Schöpfern werden hier nur vor und nach der Probennahme schließbare Systeme verstanden. Schöpfer gewährleisten nur in Kombination mit einer Abpumpteknik und vorherigem Abpumpen die Entnahme repräsentativer Grundwasserproben.

³ Membran- und Kolbenpumpen

● keine Beeinflussung ● geringe Beeinflussung ○ starke Beeinflussung

Abb. 4: Beschaffenheitsverändernde Wirkung der Grundwasserentnahmegerate (aus DVWK 1997)

Unterwassermotor- und Verdrängerpumpen beeinflussen die Beschaffenheit einer Grundwasserprobe nur wenig. Saugpumpen dagegen können nach Untersuchungen am Standort Borden in Ontario, Kanada, bis zu 10 % Verlust an flüchtigen Komponenten einer Grundwasserprobe erzeugen (HUBBARD et al. 1994).

4.2.2 Auswahl als Funktion des Kennwerte-/Messgrößenspektrums

Kennwerte	Probennahmetechnik					
	Saugpumpe	Mammut-pumpe	Tiefsauger	Unterwasser-motorpumpe	Verdränger-pumpe	Schöpfer ¹
Organoleptische Kennwerte	●	○	○	●	●	●
Phys. + chem. Kennwerte	●	○	○	●	●	●
Mineralisation	●	●	●	●	●	●
Redoxensitive Kennwerte (DOC; Fe ²⁺ /Fe ³⁺ u.a. Metalle)	●	○	○	●	●	●
Gashaushalt + flüchtige Stoffe	○	○	○	●	●	●
organische Stoffe	●	●	●	●	●	●
Spurenstoffe (z.B. Schwermetalle PBSM)	○	○	○	●	●	● ₂
Mikrobiolog. Kennwerte	●	○	○	●	●	● ₃

¹ Schöpfer gewährleisten nur bei einmaliger Verwendung des Probennahmegefäßes und in Kombination mit einer Abpumptechnik und vorherigem Abpumpen die Entnahme repräsentativer Grundwasserproben.

² Möglichkeit einer Materialsubstitution.

³ häufig durch Volumen begrenzt.

● geeignet

● eingeschränkt geeignet

○ nicht geeignet

Abb. 5: Auswahl des Probennahmesystems als Funktion des Kennwert-/Messgrößenspektrums (aus DVWK 1997)

Ergänzend zu Abbildung 5 ist anzumerken, dass für die Untersuchung von Spurenelementen keine konkreten Beispiele für eine Einschränkung bei der Eignung von Unterwassermotor- und Verdrängerpumpen bekannt sind.

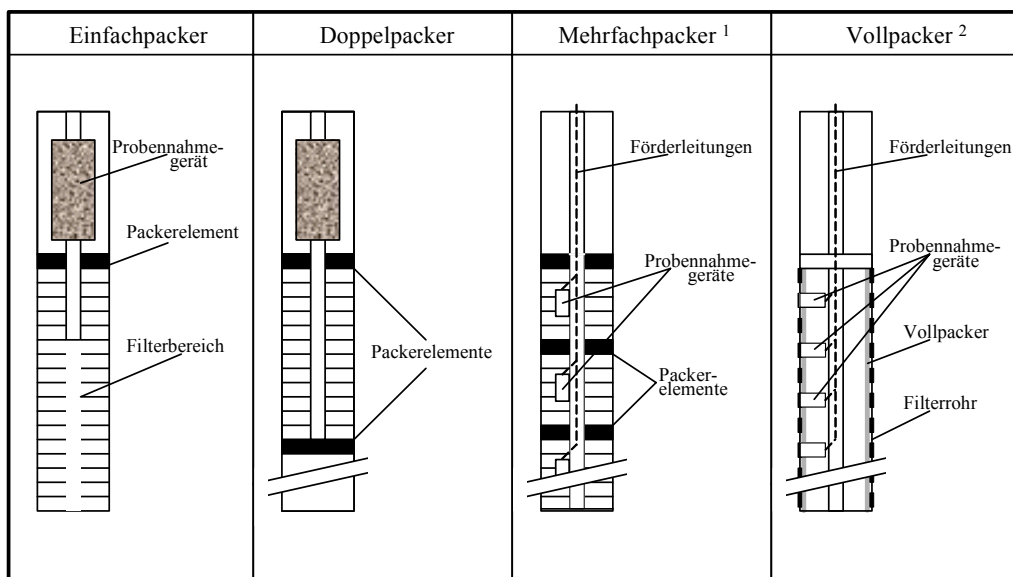
Empfehlung:

- Es sind keine konkreten Einschränkungen bei der Eignung von Unterwassermotor- und Verdrängerpumpen bekannt.
 - Unterwassermotorpumpen sind auch in großen Tiefen einsetzbar.
- ⇒ Der Einsatz von Unterwassermotor- und Verdrängerpumpen wird empfohlen.

4.3 Packersysteme

Bei Messstellen mit langen Filterstrecken sowie bei mehrfach verfilterten Messstellen ist der Einsatz von Packern in Verbindung mit einem geeigneten Entnahmesystem oftmals die einzige Möglichkeit, eine annähernd tiefenorientierte Grundwasserprobe zu entnehmen.

Packer können sowohl als einfache Gummimanschette oder als aufblasbare bzw. mit Wasser füllbare Membran ausgebildet sein. Die Konstruktion und Wirkungsweise von Packersystemen ist in Abbildung 6 dargestellt.



¹ Die Probennahmetechniken können auch oberhalb der Packer angeordnet werden.

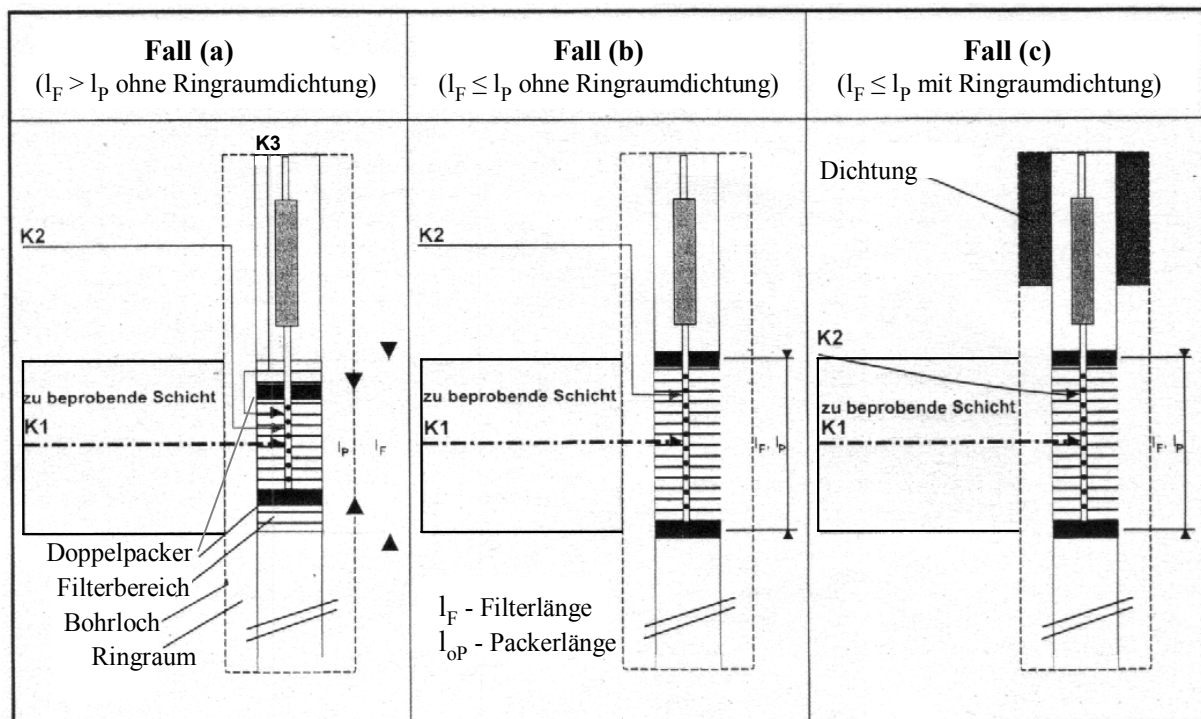
² nur bei bestehenden Grundwassermessstellen gemäß Pkt. 2.1

Abb. 6: Konstruktion und Wirkungsprinzip von Packersystemen (nach DVWK 1997, geänd.)

Beim Einbau von Packern ist folgendes zu beachten:

- Packer müssen das Messstellenrohr vollständig verschließen.
- Sind Tonsperren im Ringraum vorhanden, müssen die Packer so eingebaut werden, dass die Tonsperren nicht durch das Filterrohr umströmt werden.
- Aufblasbare Packer sind wegen des besseren Einbaus besonders zu empfehlen
- Wenn Umläufigkeiten durch den Ringraum zu erwarten sind, müssen während der Probennahme Schutzbehebungen durchgeführt werden.

Das Strömungsregime beim Einsatz von Doppelpackern wird in Abbildung 7 dargestellt. Für Messstellen mit nur einem Filter besteht zwischen den hydraulischen Verhältnissen im Fall (a) und im Fall (b) kein großer Unterschied. Durch den Einbau von Dichtungen verringert sich im Fall (c) der Anteil vertikaler Beimischungen aus dem Ringraum.



Die dargestellten Stromlinien entsprechen

K1... dem Strömungsanteil der zu beprobenden Schicht,

K2... dem Strömungsanteil des darüber und darunter liegenden Grundwasserraumes,

K3... dem Anteil des Standwassers der Grundwassermessstelle.

Abb. 7: Schematische Beispiele zum Einsatz von Doppelpackern (aus DVWK 1997, geänd.)

4.4 Einfluss von Werkstoffen auf die Grundwasserprobe

Bei der Grundwasserprobennahme kommt den Materialeigenschaften von Grundwassermessstellen, Pumpen und deren Zubehör sowie der für Proben transport und –lagerung verwendeten Gefäße eine besondere Rolle zu.

Ungeeignete Werkstoffe können die Probe nachhaltig verändern und zu folgenden Problemen führen:

- Sorption von Wasserinhaltsstoffen durch den Werkstoff
- Desorption von Wasserinhaltsstoffen aus dem Werkstoff und Verschleppungseffekte
- Abgabe von Materialbestandteilen an die Wasserprobe
- Gasdiffusion durch den Werkstoff, insbesondere bei langen Schläuchen
- Korrosion in Grundwassermessstellen

Veränderungen der Probe können aber auch verursacht werden durch:

- Kontamination der Probe durch Kühlmittel und/oder Öle der verwendeten Pumpen
- Verkeimung durch Wachstum von Mikroorganismen in Schlauchmaterialien

Die Auswahl von Werkstoffen für die Grundwasserprobennahme wird durch die Untersuchungsparameter und die Standorteigenschaften mitbestimmt. Mögliche Leitparameter für ausgewählte Standorte zeigt Tabelle 1 an einigen Beispielen.

Weiterführende Informationen sind den branchenbezogenen Merkblättern des LfUG innerhalb der Schriftenreihe zur Altlastenbehandlung zu entnehmen (SALFAWEB).

Hinweise zu produktspezifischen Stoffen und zur Erstellung von Analysenplänen gibt die Datenbank XUMA-A^{MOR} (SALFAWEB).

Tab. 1: Leitparameter für die standortorientierte Grundwasseranalyse (nach DVWK 1992 geänd. und ergänzt)

Belastungsherd	Parameter
Bei allen Belastungsherden	pH, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff, Gesamthärte
Landwirtschaftlich genutzte Flächen	Cl, SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , K, Ca, PBSM
Friedhöfe	DOC, CSB, BSB, PBSM, NO ₃ , K, Desinfektionsmittel
Kleingartenanlagen	DOC, CSB, NO ₃ , PBSM
Straßen	DOC, CSB, Na, NH ₄ , Ca, Mg, Cu, Ni, Zn, Cl, PBSM
Start- und Landebahnen von Flughäfen	DOC, Harnstoff, NH ₄ , NO ₃ , Diethylenglycol, Propylenglycol, K
Bahnhöfe und Gleiskörper	LCKW, KW, SAK 254, PBSM
Deponien für Hausmüll und Bauschutt	B, AOX, DOC, CSB, Na, K, NH ₄ , Ca, Mg, Cl, NO ₃ , NO ₂ , SO ₄ , HCO ₃ , Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, Tenside, CNges., Phenole, LHKW, KW
Deponien für Sonderabfälle	Parameter für Hausmülldeponien zusätzlich sonderabfallspezifische Parameter
Flächenunabhängige Tierhaltung, Massentierhaltung	CSB, BSB, Fe, Sulfid, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ bei pH < 5 auch Milchsäure
Tiergehege und Dauerweiden mit Großtierhaltung	CSB, BSB, NO ₃ , Cu
Tierkörperbeseitigungsanlagen	DOC, CSB, BSB, CKW
Kerntechnische Anlagen	Gesamtaktivität, Tritium
Belastete oberirdische Gewässer	DOC, CSB, CKW, Cl, B
Geschlossene Siedlungsgebiete	DOC, CSB, Cl, SO ₄ , NH ₄ , NO ₃ , LHKW, KW, B
Abwasseranlagen	DOC, CSB, BSB ₅ , K, Cl, SO ₄ , NH ₄ , NO ₂ , NO ₃ , LCKW, KW, B
Ehemalige Gaswerksgelände	DOC, CSB, Phenol-Index, PAK, BTX, AOX, Schwermetalle, CNges., KW, Kresol, Naphthalin und -derivate
Raffinerien, Tankstellen	DOC, CSB, Phenol-Index, PAK, BTX, KW, AOX, Cl
Chemische Reinigungen	LHKW, B, Tenside
Schießanlagen	As, Pb, Ni, Cu, Sb

Tab. 1 Fortsetzung

Belastungsherd	Parameter
Militärische Anlagen	DOC, LCKW, KW, PAK, As, BTXE, aromatische Nitroverbindungen (TNT) und Nitroamine
Galvanik, Metallverarbeitung	Cr (III), Cr (VI), Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Cd, LCKW, KW, CNges., NO ₂ , F, Al
Betriebe zur Herstellung und Verarbeitung von	DOC, CSB, BSB, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , evtl. Desinfektionsmittel und Tenside DOC, CSB, BSB, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , Cl DOC, CSB, BSB, LCKW DOC, CSB, LCKW, KW DOC, CSB, LCKW DOC, CSB, BSB, Cr (III), Cr (VI), Cl, LCKW DOC, CSB, AOX, Zn, Cu, Cr (III), Cr (VI), KW, LCKW
Milchprodukten	
Fleischprodukten	
Zucker	
Speisefett, -öl	
Futtermittel	
Leder	
Textilien	
Betriebe zur Herstellung von Lösungsmitteln, Anstrichfarben	DOC, LCKW, AOX DOC, LCKW, AOX, Phenol-Index ¹ , BTX, SAK 254, spez. Lösungsmittel DOC, LCKW, AOX, Cd, Cr (III), Cr (VI), Pb, Zn, Fe, CNges.
allgemein	
zusätzlich bei organischen Farbstoffen	
zusätzlich bei anorganischen Pigmenten	DOC, BSB, AOX, Phenol-Index ¹ , SO ₄ , Cl, Hg
Zellstoff, Papier, Pappe	
Hautleim, Gelantine, Knochenleim	
Holzfaserplatten	DOC, CSB, Phenol-Index ¹ , NH ₄
Keramischen Erzeugnissen	DOC, CSB, Cd, Pb, evtl. Weitere Schwermetalle
Chemiefasern, Kunststoffprodukten	SAK 254, produktspezifische Parameter
Waschmitteln	B, PO ₄ , Tenside, NTA, EDTA
Arzneimitteln	CSB, AOX, SAK 254

¹ Untersuchungen von Licha et al. (2001) haben gezeigt, dass eine alleinige Anwendung des Phenolindex zu einer Fehleinschätzung der Phenolbelastung führt. Der Phenolindex reagiert unterschiedlich empfindlich auf verschiedene Phenolhomologe. Außerdem zeigte sich, dass neben den Phenolen weitere Verbindungen zum Phenolindex beitragen.

Um für eine Probennahme die geeigneten Geräte auswählen zu können, sind die gewünschten Untersuchungsparameter zu berücksichtigen und wenn möglich Informationen zu standortspezifischen Besonderheiten einzubeziehen. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Eignung von Rohr- und Schlauchmaterialien für ausgewählte Untersuchungsparameter.

Tab. 2: Eignung von Rohr- und Schlauchmaterialien zur Grundwasserprobennahme (nach DVWK-MITTEILUNGEN, HEFT 20, 1990)

Rohr- und Schlauchmaterial	Edelstahl			Kupfer	PTFE	PVC-weich	Polyethylen (PE)	Polypropylen (PP)	Polyvinylacetat	Tygon	Viton	Silikon - und Naturkautschuk	Perbunan	Schlauchschele Messing
Parameter	Stahl verzinkt	niedriglegiert	hochlegiert											
korrosive Verhältnisse	-	-	U	U A	G A	G A	G A	G A	G A	G A	G A	G A	G A	G A
anorganische Parameter	G A	G A	G A	G A	G	G	G	G A	U A	U	G A	U	G A	G A
Schwermetalle	-	-	-	-	G A	U	G	U A	U A	U A	G A	U A	U A	U
Phenole	U A	U	U	U A	U A	- A	- A	- A	- A	- A	- A	- A	- A	G A
aliphatische Kohlenwasserstoffe	U A	U A	G A	U A	U A	- A	- A	- A	- A	-	- A	- A	- A	G A
Tenside	G A	G A	G A	G A	G	-	U	- A	-	- A	- A	-	- A	G A
Chlornitroverbindungen	U A	U A	U A	U A	G	-	U	- A	-	- A	- A	-	- A	G A
Pflanzenschutzmittel	U A	U A	U A	U A	G	-	U	- A	- A	-	G	-	-	G A
CKW	U A	G	G	G	U	-	U	U	- A	-	- A	-	- A	G A
bakteriologische Parameter	U A	G	G	U A	G	U	U	U A	U A	U A	U A	U	U A	U A
G - Einsatz geeignet U - Einsatz mit Unsicherheiten behaftet - - Einsatz nicht geeignet A - Angaben beruhen auf Analogieschlüssen														

Folgende Probleme können beim Einsatz der verschiedenen Werkstoffe auftreten (LfU 1993):

Sorption:

Die Sorptionswirkung der Werkstoffe ist von der Hydro- bzw. Lipophilie der Wasserinhaltsstoffe abhängig. Je größer die Lipophilie, desto größer ist die Sorptionstendenz. Bei Kunststoffen nimmt sie in folgender Reihenfolge zu:

Teflon < PVC hart < PE hart < PE weich < Silikon < PVC weich < Kautschuk

Damit sind die meisten Kunststoffe außer PTFE und teilweise HDPE für die Beprobung vieler organischer Stoffe ungeeignet. Untersuchungen zur Sorption von CKW finden sich bei BARCELONA et al. (1985, 1988), zu Chloraminen, Tensiden und nichtionischen Tensiden bei JANICKE (1983) und zu Atrazin und Lindan bei PESTEMER und NORDMEYER (1988) sowie TOPP und SMITH (1992).

Desorption:

Desorption von Werkstoffbestandteilen ist insbesondere bei LCKW in Verbindung mit PVC-weich und Silikon von Bedeutung. Von DREHER (1991) wurden durch Desorption verursachte Grundwasserbelastungen mit Trichlormethan (2 µg/l) sowie Tetrachlorethen und Trichlorethen (bis ca. 0,5 µg/l) festgestellt.

Elution:

Spurenstoffe können durch verschiedene Additive in Kunststoffmaterialien in die Grundwasserprobe gelangen. Bei Schläuchen werden Weichmacher, Stabilisatoren, metallhaltige Pigmente, Gleitmittel, Füllstoffe und antistatische Ausrüstungsstoffe zugesetzt. Von den Weichmachern, die 15 - 50 % des Gewichtes flexibler Schläuche ausmachen können, werden besonders Phthalsäureester in Wasserproben nachgewiesen. Für die Probennahme bei Markierungsversuchen mit Fluoreszenztracern sind viele Schlauchmaterialien ungeeignet, da sie fluoreszierende Inhaltsstoffe (optische Aufheller) enthalten.

Gasdiffusion:

Die Gasdiffusion ist besonders bei Schlauchmaterialien zu berücksichtigen, wenn eine Probennahme aus großen Tiefen erfolgt. Dies kann nicht nur die gelöste Sauerstoffkonzentration beeinträchtigen, sondern auch das Redoxpotential und redoxabhängige Inhaltsstoffe wie z. B. Eisen-(II)- oder Stickstoffverbindungen.

Mikroorganismenwachstum:

Schläuche mit einem großen Anteil von Weichmachern dienen Mikroorganismen als Nährgrund. Die Schläuche müssen daher sorgfältig gereinigt und getrocknet werden. PTFE ist als Schlauchmaterial vorzuziehen.

Glas:

Bei der Bestimmung von Bor, Borat, Natrium, Kalium, Fluorid und Silikat ist die Verwendung von Probennahmegefäßen aus Glas zu vermeiden, da diese Elemente in Spuren aus dem Glas in das Wasser übergehen bzw. mit dem Glas reagieren. Zudem können Inhaltsstoffe an der Glaswand abgeschieden werden, weshalb z. B. bei der Schwermetallbestimmung angesäuert werden muss. Hinweise zur Eignung der verschiedenen Probennahmegefäße gibt Anlage 3.

Sonstige Einflüsse:

Falls über undichte Pumpen Kühlmittel oder Öle in das Probenwasser gelangen, ist neben der CKW-Belastung mit höheren Barium-, Cadmium- und Strontiumgehalten zu rechnen. Halteseile, Haltegestänge und Kabelzuführungen können ebenfalls Kontaminationen verursachen und sind entsprechend sauber zu halten.

Empfehlung für die Wahl der Probenentnahmegeräte:

- Probennahmeschläuche sollten nicht aus Gummi, Silikon (DIN 38 402 - 13) oder Weich-PVC bestehen.
- Steigrohrsysteme aus Hart-PVC oder Teflon sind Schlauchsystemen vorzuziehen, weil
 - durch die Vermeidung unnötiger Schlauchlängen die Kontaktfläche zwischen Probe und Gerätematerial minimiert wird und
 - die Reinigung verschraubbarer Rohre sicherer und unkomplizierter durchgeführt werden kann als die Reinigung von Schläuchen.
- Bei Geräten aus Teflon oder Edelstahl und Probennahmen aus Tiefen > 10 m sollte wegen des höheren Gewichtes auf eine ausreichende Sicherung der Probennahmesysteme gegen Havarien geachtet werden.

Schlussfolgerung:

- Für **anorganische Parameter** ist Teflon am besten geeignet.
- Für **organische Parameter** ist hochlegierter Edelstahl am besten geeignet (vor allem für die Pumpenmaterialien) und PTFE als Schlauch- bzw. Gestängematerial.

Empfehlung für die Wahl von Probennahmegefäßen:

Als allgemeine Faustregel für die Auswahl von Gefäßmaterialien gilt:

- für Proben zur Analyse organischer Bestandteile: Glasgefäße
- für Proben zur Analyse anorganischer Bestandteile: Kunststoffgefäße

Verwendete Materialien und Reinigungsmaßnahmen sowie deren Ergebnis sind zu protokollieren, um mögliche Verschleppungen von Kontaminationen oder andere Materialeinflüsse rekonstruieren zu können.

Teil 2 Technologie der Probennahme

1 Planung

Entscheidende Voraussetzung für die sachgerechte Vorbereitung, Durchführung und Auswertung einer Probennahme ist die Festlegung der zu bestimmenden Parameter. Diese sind für die Beurteilung der Eignung von Grundwassermessstellen sowie die Auswahl von Probennahmetechnik und Probennahmegefäßen erforderlich.

1.1 Auswertung vorhandener Unterlagen

Die Probennahme muss sorgfältig geplant und vorbereitet werden. Nach der Auswertung des Auftrags zur Probennahme, der Einholung der Erlaubnis bei den Messstelleneigentümern und den Verfügungsberechtigten der Grundstücke sind die messstellentypischen Kennwerte

- Wasserstand unter Messpunkt,
- Lage von Filterober- und -unterkante
- Rohrrinnendurchmesser,
- Bohrlochdurchmesser,
- Lage der Dichtung im Ringraum,
- Ergiebigkeit der Messstelle

anhand von Messstellenpass oder Messstellenakte auszuwerten und Aussagen zu

- Pumpeneinbaustelle,
- Abpumpvolumen und
- möglichen oder bekannten Kontaminationen

zu treffen.

Vor der Beprobung kontaminierter Wässer ist der Umgang mit dem abgepumpten Grundwasser zu klären.

Bei der Planung einer Probennahmetour sind zu berücksichtigen:

- Zeitbedarf für die einzelnen Probennahmen
- Anzahl und Reihenfolge der zu beprobenden Grundwassermessstellen, bei belasteten Wässern von weniger zu mehr belasteten Messstellen
- mögliche Komplikationen, wie z. B. schwere Zugänglichkeit und mangelhafte oder fehlende Beschriftung

1.2 Vorbereitung von Probennahmegeräten und Probennahmegefäßen

Im Labor werden in Abhängigkeit vom Untersuchungsspektrum meist Art und Anzahl der benötigten Probennahmegefäße festgelegt. Außerdem erfolgt durch das Labor

- die Reinigung der Probennahmegefäße,
- die Kennzeichnung der Probennahmegefäße und
- bei Bedarf die Vorlage von Konservierungsmitteln (Anlage 3).

Mit dem Labor muss daher die Probennahme detailliert abgestimmt werden. Wegen der in der Regel vorgeschriebenen zeitlichen Vorgaben (Zeit zwischen Probennahme und Analyse) müssen auch die Zeitpläne von Probennehmer und Labor aufeinander abgestimmt sein.

Der Probennehmer ist verantwortlich für die Zusammenstellung der erforderlichen Probennahmetechnik und des Zubehörs. Dazu gehören:

- Pumpen mit Zubehör einschließlich Ablaufschlauch zum Ableiten des abgepumpten Wassers mit einer Länge von mindestens 5 m
- Kunststofftrichter mit kurzem Schlauch für die Probennahme an Quellen
- Messgefäß und Stoppuhr für Schüttungsmessungen
- Probennahmeflaschen in Kühlboxen und Kühlelemente
- Gerätschaften zur Vor-Ort-Filtration
- Werkzeug
- verschiedene Messstellenschlüssel
- Lichtlot/Tiefenlotgerät
- Messstellenpässe
- Probennahmeprotokolle mit vorbereiteten, für die konkrete Probennahme verbindlichen Angaben (Anlage 4)
- Probenbegleitscheine mit vorbereiteten Angaben zum Parameterumfang (Anlage 5)
- Benzinkanister
- Stromaggregat
- Thermometer
- Wasser für Reinigungszwecke

Vor der Probennahme ist die technische Ausrüstung noch einmal zu überprüfen auf:

- Funktionstüchtigkeit und Sauberkeit der Probennahmetechnik
- Ladezustand der Akkus für die Messgeräte
- Ladezustand der Batterien des Lichtlots
- Anzahl und Zustand der Kühlakkus
- Menge des Kraftstoffvorrats für den Stromgenerator

Außerdem sind die Messgeräte für pH-Wert und Sauerstoffgehalt zu kalibrieren und die Messgeräte für Leitfähigkeit und Redoxspannung zu prüfen.

2 Entnahme von Grundwasserproben

2.1 Lotung der Messstelle und Ruhewasserspiegelmessung

Vor jeder Probennahme ist der Wasserspiegel in der Grundwassermessstelle zu ermitteln.

Das Loten von Grundwassermessstellen ist dagegen nicht Bestandteil der Grundwasserprobennahme. Es wird jedoch häufig vor Probennahmen gelotet, um die aufgefundenen Grundwassermessstellen auf ihre Identität zu prüfen oder eine Verschlammung der Messstelle festzustellen. Gegen das Loten von Messstellen vor der Probennahme bestehen keine Einwände, wenn zwischen dem Loten und der Entnahme der Wasserproben das optimale Abpumpvolumen eingehalten wird.

2.2 Einbau der Pumpe

Die Pumpe soll bis maximal 1 m oberhalb des Filters angeordnet werden. Falls der Wasserstand in der Messstelle in Höhe der Filteroberkante bzw. direkt im Filterbereich liegt, muss davon abgewichen werden. Bei Messstellen mit tiefen Filterlagen, bei denen ein Einbau nahe der Filteroberkante nicht möglich ist, soll die maximal mögliche Einhängtiefe gewählt werden. Bei der Festlegung des hydraulischen Kriteriums der Probennahme muss dann die zusätzliche Wassersäule im Messstellenrohr berücksichtigt werden.

Messstellen, deren Filteroberkante über dem Ruhewasserspiegel liegt, sind im Einzelfall auf ihre Eignung zur Erreichung des Beobachtungsziels zu prüfen.

Wenn es der Wasserstand in der Messstelle zulässt, sind die Vorgaben des Messstellenpasses zum Einbau der Pumpe einzuhalten.

Wegen der guten Reinigungsmöglichkeiten und kürzerer Förderleitungen eignen sich Steigrohrsysteme besser als lange Schlauchleitungen.

Stromaggregate und Fahrzeuge sind so zu positionieren, dass eine Beeinflussung der Proben durch Abgase ausgeschlossen wird.

2.3 Abpumpen

Die Beschaffenheit des Grundwassers im Standrohr, im Filterrohr und im Porenraum der Filterschüttung ist durch Prozesse wie Adsorption, Desorption sowie chemische und biologische Reaktionen von Wasserinhaltsstoffen und die Sedimentation von Partikeln verändert. Daher sind die Messstellen vor der Entnahme einer Grundwasserprobe abzupumpen.

Der Betrieb der Unterwassermotorpumpe beim Abpumpen und während der Probennahme soll kontinuierlich erfolgen. Bei einem Ausfall der Pumpe wirken die Steigleitung und das angeschlossene Schlauchsystem als Heberleitung. Das darin befindliche Wasser strömt in die Messstelle zurück und verwirbelt mit Wasser im Filter, im Filtersumpf und im Standrohr. Das Mischwasser dringt in die Filterschüttung ein. Nach einem Ausfall der Pumpe ist mit dem Abpumpvorgang neu zu beginnen. Unabhängig von der bisher abgepumpten Wassermenge ist das optimale Abpumpvolumen neu zu bestimmen und vollständig zu entnehmen.

Das abgepumpte Grundwasser wird unterstromig unter Berücksichtigung der Geländetopographie in mindestens 5 Meter Entfernung von der Messstelle versickert oder in einen Vorfluter eingeleitet.

Das optimale Abpumpvolumen als Voraussetzung für eine repräsentative Probennahme ist sorgfältig zu bestimmen. Zu kleine Abpumpvolumen verfälschen die Proben durch Anteile an Standwasser und Wasser aus dem Porenraum der Filterschüttung. Zu große Abpumpvolumen führen in den Proben zu einem erhöhten Fremdwasseranteil aus benachbarten Schichten. Das optimale Abpumpvolumen ist erreicht, wenn das Beschaffenheitskriterium und das hydraulische Kriterium erfüllt sind. Erst dann darf der Abpumpvorgang beendet und mit der Entnahme der Proben begonnen werden. Werden die Kriterien an einer Messstelle nach einem vertretbaren Abpumpvolumen nicht erfüllt, muss ein messstellenspezifisches Kriterium für das Ende des Abpumpvorgangs festgelegt werden. Dabei sollte nach den im Messstellenpass festgelegten Kriterien (Einhängtiefe der Pumpe, Förderstrom, Abpumpvolumen) verfahren werden, um für jede Probennahme vergleichbare Verhältnisse zu schaffen.

2.3.1 Hydraulisches Kriterium

Durch die Einhaltung des hydraulischen Kriteriums wird sichergestellt, dass die Probe kein Wasser enthält, das sich vor dem Abpumpen im Filterrohr oder dem Ringraum der Grundwassermessstelle befand. Eine messtechnische Überwachung ist mit dem Leitkenwert Radonaktivitätskonzentration möglich (DEHNERT et al. 1997, 2000). Das hydraulische Kriterium wird auf das Filterrohr und die Filterschüttung bezogen. Es beträgt im Regelfall mindestens das 1,5fache des Volumens ($\hat{=}$ Faktor n) eines Kreiszylinders, der aus der Filterlänge und dem Bohrlochdurchmesser gebildet wird (DVWK 1997).

$$V = n \frac{\pi}{4} d_{BL}^2 l_F \quad (1)$$

V	=	Volumen
d_{BL}	=	Bohrlochdurchmesser
l_F	=	wassererfüllte Filterlänge
n	=	Faktor (Empfehlung: $n \geq 1,5$)

Kann aus technischen Gründen die Pumpe nicht bis maximal 1 m über dem Filter angeordnet werden, ist das Volumen des Standrohrs zwischen Filteroberkante und Pumpeneinlauf bei der Berechnung des hydraulischen Kriteriums zusätzlich zu berücksichtigen.

$$V = n \left(\frac{\pi}{4} d_{BL}^2 l_F \right) + \left(\frac{\pi}{4} d_R^2 h_{w_s} \right)$$

h_{w_s} = Länge der Wassersäule zwischen Filteroberkante und Pumpeneinlauf

d_R = Innendurchmesser der Grundwassermessstelle

2.3.2 Beschaffenheitskriterium

Das Beschaffenheitskriterium beinhaltet die Konstanz ausgewählter Leitkennwerte.

Während des Abpumpens sollen folgende Parameter gemessen werden:

- elektrische Leitfähigkeit
- Temperatur
- pH-Wert
- Sauerstoffkonzentration

Ergänzend wird häufig auch die Redoxspannung während der Probennahme vor Ort aufgezeichnet. Allerdings ist die Redoxspannung zur Bewertung eines Abpumpvorgangs nur geeignet, wenn die in SEEBURGER und KÄSS (1989) beschriebenen hohen Anforderungen an die Messung dieses Kennwerts (Sauerstoffausschluss, konstanter Durchfluss im Messgerät von 0,6 l/min) während des gesamten Abpumpvorgangs eingehalten werden. Das ist mit technischen Schwierigkeiten verbunden. Der Redoxspannung kommt daher als Leitkennwert für die Bestimmung des optimalen Abpumpvolumens nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Die Konstanz der Leitkennwerte zeigt ein gleichbleibendes Mischungsverhältnis aller durch den Abpumpvorgang erfassten Wässer an und gibt einen Hinweis auf das Erreichen eines sinnvollen Abpumpvolumens. Schwankungen der Leitkennwerte nach längerem Abpumpen weisen auf ungewöhnliche Beschaffenheitsänderungen an der Messstelle hin, die sich auch mit der Grundwasserströmung ausbreiten können. Ursache solcher Beschaffenheitsänderungen können Kurzschlussströmungen zwischen Grundwasserleiterbereichen mit unterschiedlicher Beschaffenheit durch die Filterschüttung der Messstelle oder über defekte Rohrdichtungen des Standrohrs sein.

Konstanz der Leitkennwerte

Die Konstanz der Leitkennwerte ist erreicht, wenn innerhalb eines abgepumpten Wasservolumens von **50 l** folgende Messwertunterschiede unterschritten werden:

- | | |
|-----------------------------|------------|
| • elektrische Leitfähigkeit | ± 0,5 % |
| • Temperatur | ± 0,1 K |
| • pH-Wert | ± 0,1 |
| • Sauerstoffkonzentration | ± 0,1 mg/l |

Die Feststellung der Konstanz der Leitkennwerte mit Hilfe volumenbezogener Messwertunterschiede ist von der Förderrate unabhängig und gestattet den direkten Vergleich unterschiedlicher Probennahmen. Die Festlegung des Bezugsvolumens erfolgte empirisch durch Auswertung von Abpumpvorgängen an Messstellen staatlicher Messnetze in Sachsen und Sachsen-Anhalt.

Der Verlauf der Leitkennwerte während des Abpumpvorganges soll kontinuierlich aufgezeichnet und als Anlage dem Probennahmeprotokoll beigelegt werden. Ist eine automatische Aufzeichnung durch die Messtechnik nicht möglich, sind die Leitkennwerte in der Anlage des Probennahmeprotokolls manuell zu erfassen. Die Entwicklung der Leitkennwerte ist durch Einzelmesswerte hinreichend genau zu belegen. In der Praxis haben sich Ableseintervalle zwischen 1 und 5 Minuten bewährt. Die zum Zeitpunkt der Entnahme der Grundwasserprobe ermittelten Daten sind in das Probennahmeprotokoll in eine gesonderte Tabelle (Anlage 4) zu übernehmen.

2.3.3 Festlegung messstellenspezifischer Abpumpkriterien

Untersuchungen zur Festlegung messstellenspezifischer Abpumpkriterien müssen insbesondere an Messstellen durchgeführt werden, bei denen die Konstanz der Leitkennwerte nicht erreicht wird. Vor der Aufnahme einer Messstelle in ein Routinemessprogramm wird diese Verfahrensweise ebenfalls empfohlen.

Zur Festlegung eines messstellenspezifischen Abpumpvolumens hat sich die Durchführung von Abpumpversuchen bewährt. Dabei sind die Leitkennwerte kontinuierlich aufzuzeichnen. Zusätzlich zu den Leitkennwerten sollten weitere Analysenparameter untersucht werden, um die Entnahmeabhängigkeit der Grundwasserbeschaffenheit zu ermitteln. Die erste Wasserprobe sollte entnommen werden, wenn das hydraulische Kriterium erfüllt wurde (vgl. Kap.2.3.1). Weitere Wasserproben sollten entnommen werden, wenn das hydraulische Kriterium verdoppelt, verdreifacht usw. wurde.

Alle Ergebnisse sind im Protokoll zum Abpumpversuch (Anlage 6) zu dokumentieren. Die kontinuierlich aufgezeichneten Daten sind als Anlage dem Protokoll beizufügen.

2.3.4 Optimierung der Förderrate

Die Förderrate ist an die Ergiebigkeit der Messstelle anzupassen. Es darf keine übergroße Förderrate gewählt werden, die bei Grundwasserleitern mit besseren Durchlässigkeiten zur Zerstörung des Filters der Messstelle führt und bei Grundwasserleitern mit schlechteren Durchlässigkeiten den Grundwasserspiegel bis zum Filter der Messstelle absenkt. Die Förderrate ist so einzustellen, dass der Grundwasserspiegel mindestens 1 m oberhalb des Filters verbleibt, um einen Eintrag von Sauerstoff in die Filterschüttung und den Grundwasserleiter zu vermeiden. Die Absenkung in der Messstelle ist zu überwachen. Bei einer sachgerechten Grundwasserprobennahme besteht kein Grund zur Annahme, dass die Repräsentativität der Proben durch die Förderrate beeinflusst wird (DEHNERT et al. 2003)

3 Entnahme von Quellwasserproben

Die Probennahme erfolgt an der frei auslaufenden Quelle so nah wie möglich an der Austrittsstelle.

Für mittel- und langfristige Beobachtungen sollten nur gefasste Quellen genutzt werden. Optimal sind gefasste Quelfassungen mit Messwehren. Zum Befüllen der Probenflaschen ist ein Kunststofftrichter mit aufgestecktem, kurzem Schlauch hilfreich (LFU BADEN-WÜRTTEMBERG 1993, 1996). Bei ungefassten Quellen ist darauf zu achten, dass keine Fremdkörper aus dem Quellaustrittsbereich in die Probe gelangen. Sollte bei gefassten Quellen ein Rückstau bestehen, ist zu prüfen, ob der Rückstau durch Ablassen eines Sammelbeckens beseitigt werden kann. Andernfalls darf die Hand beim Abfüllen nur im Unterstrom mit dem Wasser in Berührung kommen. Die Proben für gasförmige Parameter sollten in diesen Fällen mittels einer kleinen Unterwasserpumpe aus dem überstauten Ablauf entnommen werden (LFU BADEN-WÜRTTEMBERG 1993, 1996).

Quellwasserproben sind nicht aus dem Sammelbecken zu schöpfen, da dieses Wasser schon länger mit der Umgebungsluft in Kontakt steht.

4 Messungen vor Ort

4.1 Messung der Leitkennwerte

Die Leitkennwerte sollten während der gesamten Probennahme vorzugsweise mit einem Laptop oder Datenlogger online aufgezeichnet werden. Die Veränderung der Messergebnisse kann auf diese Weise gut nachvollziehbar dargestellt werden. Aufwendige Schreibarbeiten entfallen.

Geeignet ist die Messung in einer Durchflussmesszelle, die von dem geförderten Wasser blasenfrei durchflossen wird. Die Durchflussmesszelle sollte sich unmittelbar an der Grundwassermessstelle befinden, um lange Fließstrecken zu vermeiden, die zu einer Verfälschung der Messwerte führen können.

Die wichtigsten Regeln, die bei der Messung der Leitkennwerte zu beachten sind, zeigt Tabelle 3. Sondenspezifische Besonderheiten sind bei den jeweiligen Herstellerfirmen zu erfragen.

Tab. 3: Grundregeln bei der Messung der Leitkennwerte

Parameter	Bemerkungen
elektrische Leitfähigkeit und Temperatur	• wöchentlich prüfen und die Temperatursonde kontrollieren • Temperaturkompensation beachten (Referenztemperatur: 25 °C)
pH-Wert	• wöchentlich bzw. bei Bedarf im Bereich des zu erwartenden pH-Bereichs neu kalibrieren • Qualität des Kalibrierpuffers regelmäßig kontrollieren, ggf. mit einem 3. Puffer überprüfen
gelöster Sauerstoff	• Sonde nach Angaben des Herstellers wöchentlich bzw. bei Bedarf kalibrieren • bei konstanter, nicht turbulenter Anströmung messen
Redoxspannung (pH-Meter mit Redoxelektrode)	• Sonde nach Angaben des Herstellers vor jedem Einsatztag prüfen • bei konstanter, nicht turbulenter Anströmung messen • keine Druckveränderungen während der Messung • Kontakt der Probe mit der Außenluft ausschließen

4.2 Volumenmessung während einer Pumpprobennahme

Während einer Probennahme ist eine kontinuierliche Volumenmessung durchzuführen. Das Volumen des geförderten Wassers vom Einschalten der Pumpe bis zum Beginn der Probennahme ist in das Probennahmeprotokoll einzutragen. Für die Volumenmessung sind geeignete Messgeräte einzusetzen, die Förderrate und Abpumpvolumen hinreichend genau messen. Besonders geeignet sind Messgeräte, die mit magnetisch-induktiven Messverfahren oder mit Ultraschall arbeiten. Die in der Praxis häufig anzutreffende indirekte Volumenbestimmung aus Förderrate und Förderdauer ist oft ungenau und soll nicht mehr angewandt werden. Ungenauigkeiten bei der indirekten Volumenbestimmung entstehen durch das Einstellen der Förderrate während des Abpumpens, Änderungen im Probennahmesystem wie das Öffnen von Bypässen und das Auslitern von Gefäßen. Änderungen der Förderrate während des Abpumpens sind im Probennahmeprotokoll zu vermerken.

4.3 Schüttungsmessung bei der Probennahme von Quellen

Bei jeder Probennahme ist eine Schüttungsmessung durchzuführen. Methoden zur Schüttungsmessung bei Quellen werden u.a. in DVWK (1994), LAWA (1995 a) oder SCHWARZE, ROSS (1996) erläutert:

Wichtigste Methode bleibt die Gefäßmessung. Hierfür werden ein Messgefäß mit einem Volumen von mindestens 10 l und eine Handstoppuhr mit einer Messgenauigkeit von 0,1 s benötigt. Bei Füllzeiten über 10 s sollten mindestens 5 Einzelmessungen durchgeführt werden, aus denen Mittelwert und Standardabweichung zu berechnen sind. Bei Füllzeiten kleiner 10 s sind mindestens 10 Einzelmessungen erforderlich. Bei Füllzeiten im Bereich weniger Sekunden nimmt die Fehlergröße des Messwertes erheblich zu. Daher sollte in diesen Fällen ein größeres Messgefäß mit einem Volumen

von z. B. 20 l verwendet werden. Durch die Verdopplung des Messvolumens wird der relative Fehler für die Messzeit halbiert. Trotz der problematischen Schüttungsmessung liefern aber auch diese Werte orientierende Informationen, welche zur Interpretation von Beschaffenheitsdaten Hinweise geben können (Ross 2002).

Bei günstigen baulichen Voraussetzungen kann eine Schüttungsmessung auch über ein Sammelbecken in einer Fassungsanlage erfolgen. In diesem Fall kann die Schüttungsrate über das Volumen des auszumessenden Beckens und die Füllzeit bestimmt werden.

Manchmal können auch fest in die Fassungsanlage eingebaute Messwehre genutzt werden oder ein Einbau ist nachträglich möglich.

Bei Quelfassungen, die zur Wassergewinnung genutzt werden, wird oft von Seiten des Wasserwerks die Entnahmerate registriert. Hier ist zu prüfen, ob alle Teilströme am Quellaustritt erfasst werden oder ob bei hoher Schüttung Quellwasser ungemessen in einen Überlauf geleitet wird.

Zur prozesshydrologischen Auswertung von Beschaffenheitsdaten ist neben der aktuellen Quellschüttung die kontinuierliche Erfassung der Schüttungswerte erforderlich. Hierfür bietet sich die automatische Registrierung des Wasserstandes in einem definierten Bereich mit bekannter Wasserstands/Schüttungsbeziehung an. Weitere Möglichkeiten sind Durchflussmessungen mit magnetisch-induktiven Messgeräten, Ultraschall oder über Wasserzähler durch den Betreiber (LAWA 1995 a).

5 Probenvorbehandlung, Transport und Lagerung der Proben

5.1 Einflussquellen

Beim Befüllen der Probennahmegefäße, dem Probentransport und der Lagerung können sich die Proben durch verschiedene Prozesse ändern:

1. Eintrag von Stoffen in die Probe durch:

- Verschleppung von Schadstoffen aus nicht sorgfältig gereinigten Probennahmegefäßen
- Mobilisierung von Stoffen aus dem Probengefäß
- Aufnahme von Stoffen aus der Umgebungsluft, z. B. Aufnahme von Abgasen bei Verwendung von motorbetriebenen Probennahmegeräten bzw. Stromerzeugern
- Zugabe von nicht ausreichend reinem Konservierungsmittel
- Einsatz nicht ausreichend gereinigter Hilfsmittel zur Konservierung (z. B. Filtrations-einrichtung, Pipetten)
- Aufnahme von in der Luft vorkommenden Stoffen wie Kohlendioxid und Sauerstoff mit der Folge von unerwünschter, die Probenzusammensetzung verändernder chemischer Reaktionen, die z. B. zu pH-Wert- und Leitfähigkeitsänderungen führen.

2. Austrag von Stoffen durch:

- Ausgasen leichtflüchtiger Verbindungen beim Befüllen der Flaschen bzw. beim Transport (z. B. Verlust von Kohlendioxid und damit verminderte Befunde der Basenkapazität)

- Ablagerungen von Probeninhaltsstoffen an Rohren, Schläuchen, Gefäßen, Gerätschaften
3. Veränderung durch chemische oder biochemische Reaktionen:
- Redoxreaktionen
 - Bildung von Niederschlägen
 - Veränderung aufgrund bakterieller und mikrobieller Aktivität
 - lichtinduzierte chemische Reaktionen

Das Ausmaß dieser Reaktionen ist im Wesentlichen abhängig von der chemischen oder biologischen Beschaffenheit der Probe, ihrer Temperatur, der Lichteinwirkung, dem Behältermaterial sowie der Zeit zwischen Probennahme und Untersuchung.

5.2 Probenvorbehandlung

Bei der Probenvorbehandlung wird unterschieden zwischen

- Probenvorbehandlung bei der Probennahme vor Ort (QS-PN) wie Filtration und Konservierung und
- Probenvorbehandlung für die Analyse im Labor (AQS) wie Homogenisierung, Filtration, Extraktion, Clean up

Das Merkblatt umfasst nur die Maßnahmen nach der Probennahme bis zur Übergabe der Proben an das Labor.

Filtration:

Die Filtration ist erforderlich, wenn im Analysengang getrennt auf gelöste und ungelöste Anteile eines Parameters untersucht werden soll. In der Praxis hat sich die Filtration über einen 0,45-µm-Cellulosenitratfilter mit einem Handfiltrationsgerät unmittelbar nach der Probennahme vor Ort bewährt. Allgemeine Ausführungen zur Filtration sind in der DIN EN ISO 5567-3 (2002) zu finden. Membranfilter sollten mit Vorsicht verwendet werden, da verschiedene Schwermetalle und organische Materialien an der Membranoberfläche adsorbiert werden können und lösliche Komponenten aus der Membran herausgelöst und in die Probe gelangen können.

Proben, die auf gelöste Schwermetallgehalte untersucht werden sollen, sind grundsätzlich vor Ort zu filtrieren. Nach der Filtration sind diese Proben sofort zu konservieren. Problematisch kann bei reduzierenden Grundwässern mit erhöhten Eisen(II)-Gehalten die Bildung von Eisen-Hydroxiden durch den Zutritt von Luftsauerstoff werden. Diese Reaktion führt zur Verfälschung der Analysenergebnisse für Eisen(II). Derartige Proben sind besonders schnell zu filtrieren. Sollte sich dennoch ein gelbbrauner Niederschlag auf dem Filter abgesetzt haben, ist dies im Probennahmeprotokoll zu vermerken.

Konservierung:

Zur Stabilisierung leicht veränderlicher Wasserinhaltsstoffe von Grundwasserproben werden Konservierungsmittel zugegeben. Behälter, in denen vom Labor ein Konservierungsmittel vorgelegt wird, sind entsprechend zu kennzeichnen.

Eine Übersicht ausgewählter, für Grundwassermessprogramme typischer Parameter sowie Hinweise zu Probenbehältern und Konservierungsformen enthält die Anlage 3. Eine Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben gibt die DIN EN ISO 5667-3 (2002). Zu beachten ist, dass bei einigen Wasserinhaltsstoffen mehrere Analysenmethoden möglich sind und in den entsprechenden Normen für das jeweilige Analysenverfahren unterschiedliche Aussagen zu den Probenbehältern gegeben werden. Verbindlich sind die Angaben der jeweiligen DIN-Methode. Die chemische Konservierung einer Probe ist immer mit dem analysierenden Labor abzusprechen. Grundsätzlich sollten Chemikalien zur Stabilisierung von Grundwasserproben nur dann zugesetzt werden, wenn sie die nachfolgende Analyse nicht stören und eine ausreichende Konservierung der Probe nicht auf andere Weise (z. B. Kühlung) erreicht werden kann (DIN 38402 - 13, 1985).

Wurde von dem Labor bereits das Konservierungsmittel vorgelegt, ist beim Abfüllen der Probe darauf zu achten, dass der Probennahmeschlauch keinen Kontakt mit dem Konservierungsmittel bekommt. Außerdem ist beim Befüllen das geschlossene Gefäß vorsichtig zu schütteln, um das Konservierungsmittel gleichmäßig in der Wasserprobe zu verteilen. Das Gefäß darf beim Befüllen nicht überlaufen, da sonst die Konzentration des Konservierungsmittels in der Probe undefiniert verändert wird.

5.3 Abfüllen der Proben

Beim Befüllen der Probenbehälter müssen Einflüsse, die die Probe verändern können, ausgeschaltet werden. So sind z.B. Temperatureinflüsse durch Sonneneinstrahlung ebenso zu vermeiden wie die Einflüsse aus den Abgasen der Stromaggregate, die für den Pumpenbetrieb eingesetzt werden.

Beim Abfüllen der Wasserproben sind folgende allgemeingültige Regeln zu beachten:

- Das Befüllen der Probenbehälter sollte über einen am Entnahmeschlauch angebrachten Bypass vorgenommen werden. Dieser kann direkt am Ende der Steigleitung angebracht sein, muss sich aber vor der Durchflussmesszelle befinden.
- Die Probenbehälter dürfen nicht mit abgepumptem Wasser gespült werden, da hierdurch Feststoffe in der Probenflasche angereichert werden können.
- Es sollten stets nur im Labor gereinigte, trockene Flaschen eingesetzt werden (Anlage 7).
- Probengefäße aus Glas werden für die meisten Inhaltsstoffe blasenfrei randvoll befüllt und luftblasenfrei mit einem Glasschliffstopfen verschlossen. Auf diese Weise können Wechselwirkungen der Probe mit der Gasphase sowie Schütteleffekte beim Transport weitgehend unterbunden werden.
- Sollen die Proben im Labor eingefroren werden, sind Kunststoffflaschen zu verwenden, die ca. 90 % zu füllen sind.
- Konservierungsmittel werden entweder im Probengefäß bereits vorgelegt oder können nach dem Abfüllen der Probe zugesetzt werden.
- Der Kontakt der Probe mit den Händen ist zu vermeiden.
- Bei Doppelbeprobungen (Qualitätssicherungsmaßnahmen) sollten die Flaschen für das jeweils gleiche Parameterspektrum unmittelbar hintereinander abgefüllt werden.
- Vor und während der Probennahme ist das Rauchen untersagt.
- Bei Regen oder Schneefall ist darauf zu achten, dass kein Niederschlag in die Probengefäße gelangt.

Für einzelne Parameter gelten beim Abfüllen Besonderheiten, z. B. für

- bakteriologische Untersuchungen
Flaschen sind nur ca. $\frac{3}{4}$ zu füllen.
- Kohlenwasserstoffe
Flaschen sind nur ca. 90 % zu füllen.
- LHKW, BTEX, p- und m-Wert
Der Entnahmeschlauch, ggf. mit aufgestecktem Glasrohr, wird bis kurz über den Boden (Ecke Boden/Behälterwand) der Flasche eingeführt (möglich ist auch die Nutzung eines Glastrichters). Mit zunehmendem Befüllungsstand der Flasche wird der Entnahmeschlauch an der Behälterwand langsam hochgezogen, so dass er keinen Kontakt mit dem Probenwasser bekommt. Nach dem Volllaufen sollen die Flaschen kurze Zeit überlaufen. Anschließend ist die Flasche sofort zu verschließen.
- Metalle, gelöst
Die Wasserprobe ist vor Ort zu filtrieren und in eine mit Konservierungsmittel (HNO_3) bestückte Probenflasche einzuleiten. Ist eine Vor-Ort-Filtration nicht möglich, wird die Wasserprobe ohne Zusatz von Konservierungsmitteln in das Labor transportiert. Eine Information über die Durchführung einer Vor-Ort-Filtration ist sowohl in das Probennahmeprotokoll als auch in den Probenbegleitschein aufzunehmen.

5.4 Transport und Lagerung

Die Proben sind in mit Kühllakus bestückten Kühlbehältern zu transportieren. Die Konzentrationen der verschiedenen Wasserinhaltsstoffe bleiben unterschiedlich lang erhalten. Der Abstand zwischen Probennahme und Analytik sollte daher so gering wie möglich sein, 24 Stunden aber nicht überschreiten. Hinweise zur Lagerungsdauer gibt Anlage 3. Detaillierte Informationen zu Probennahmetransport und zulässigen Fristen bis zur Analyse sind in der DIN EN ISO 5667-3 (2002) zu finden.

6 Nachbereitung der Probennahme

6.1 Dokumentation der Ergebnisse

Die vollständige Dokumentation der Probennahme ist für die sachgerechte Interpretation der Analysergebnisse notwendig.

Es können nicht alle Besonderheiten in einem Merkblatt geregelt werden. In besonderen Situationen muss der Probennehmer auf der Grundlage seiner Erfahrungen eigenverantwortlich handeln. Für die Bewertung der Ergebnisse ist es dann notwendig, die Probennahme anhand des Protokolls in allen Einzelheiten nachzuvollziehen.

Alle Besonderheiten, die während der Probennahme auftraten (Ausfall der Pumpe, Probleme bei der Filtration, Probleme beim Erreichen der Leitkenwertekonstanz ...), sind zu dokumentieren und zu archivieren. Hinweise zur Messstelle, z.B. über eine Beschädigung des Rohres, sind ebenfalls im Protokoll zu dokumentieren.

Die Verläufe der Leitkennwerte elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt und ggf. Redoxspannung sind als Funktionen des abgepumpten Volumens darzustellen, auszuwerten und zu archivieren.

Die Ergebnisse für

- Färbung, Trübung, Geruch,
- Temperatur,
- pH-Wert,
- elektrische Leitfähigkeit,
- Sauerstoffgehalt,
- Redoxspannung,

die unmittelbar vor der Entnahme der Probe ermittelt wurden, sind in die Ergebnisberichte der Laboruntersuchungen aufzunehmen.

6.2 Wartung der Geräte und Behälter

Detaillierte Vorgaben zur Reinigung von Probennahmegefäßen enthält die Anlage 7. Die Probenahmegeräte sind nach jeder Probennahmetour zu reinigen. Ein Steigrohrsystem lässt sich einfacher und gründlicher säubern als Schläuche. Dabei hat sich der Einsatz eines Hochdruckreinigers mit Dreckfräsen bewährt. Anschließend sind die Geräte zu spülen. Um die Effektivität der durchgeführten Reinigungsarbeiten zu prüfen und mögliche Verschleppungen von Wasserinhaltsstoffen festzustellen, sind stichprobenartig Blindproben zu entnehmen und zu untersuchen. Nach der Reinigung sind die Gerätschaften zu trocknen. Eingesetzte Schläuche sollten wegen der Sorptionsgefahr und wegen der aufwendigen Reinigungsmöglichkeiten möglichst kurz sein.

Gereinigte Probennahmegefäße und alle Hilfsgeräte wie Schläuche oder Filtrationseinrichtungen sind geschlossen und vor Verunreinigung geschützt aufzubewahren. Pipetten sollten nur einmal benutzt werden.

Bei einer Kontamination von Probennahmeusername, die nicht beseitigt werden kann, müssen diese Geräte vor der nächsten Probennahme ausgetauscht werden.

Die Akkumulatoren der Messgeräte sind zu prüfen und bei Bedarf aufzuladen. Die Kühlakkumulatoren sind in den Gefrierschrank zu legen.

7 Qualitätssicherung bei der Probennahme

Hinsichtlich Personal, Qualitätssicherungshandbuch zur Verfahrensbeschreibung, Protokoll/Dokumentation, Plausibilitätsprüfung, Ringversuchen/Blindproben/Doppelproben gelten die allgemeinen AQS-Vorgaben (DVWK 1992, LAWA 1995 b, DIN 38402-41 1984, DIN 38402-42 1984).

7.1 Eindeutigkeit der Messstelle

- Es muss gesichert werden, dass die vorgesehene Messstelle beprobt wird. Zur eindeutigen Lokalisierung ist jede Messstelle in einer topographischen Karte mit Rechts- und Hochwert sowie Höhenangabe einzutragen. In Einzelfällen kann der Einsatz von weiteren Orientierungshilfen wie Höhenmesser, Kompass oder GPS notwendig sein. In einer Detailskizze und auf einem Foto sollte die Messstelle genau dokumentiert werden.
- Bei Messserien ist stets dieselbe Messstelle zu beproben. Das ist insbesondere bei ungesamten Quellen, welche mehrere Grundwasseraustritte haben können (z. B. Quellhorizonte), zu beachten.
- Die zu beprobenden Messstellen sind genau zu benennen und nach Möglichkeit zu kennzeichnen. Bei mehreren Austrittsstellen von Quellen ist nach fachlichen und ökonomischen Gesichtspunkten abzuwägen, ob nur bestimmte oder alle Sickerstränge zu beproben sind. Signifikant unterschiedliche Wasserbeschaffenheiten sind für den geschulten Probennehmer häufig schon anhand der vor Ort bestimmten Leitkennwerte (Temperatur, Leitfähigkeit, pH, O₂) erkennbar. Es empfiehlt sich daher, ein altes Probennahmeprotokoll zum Vergleich mitzunehmen oder Orientierungswerte im Messstellenpass zu vermerken.
- Die Reihenfolge mehrerer aufeinanderfolgender Probennahmen ist von der unbelasteten zur belasteten Messstelle festzulegen.
- Um Verwechslungen in der Zuordnung von Probennummer und Messstelle zu vermeiden, sollten die Vor-Ort-Parameter Trübung, pH-Wert und Leitfähigkeit im Labor noch einmal untersucht werden. Außerdem kann so erkannt werden, ob z. B. als Folge von Ausgasungen oder Sauerstoffeintrag Ausfällungen (z. B. CaCO₃ oder Fe(OH)₃) erfolgt sind. (LfW 2002).

7.2 Gerätetechnik

- Die Technik ist dem Probennahmeziel entsprechend auszuwählen.
- Am Ende jeder Probennahmetour bzw. bei Bedarf nach einzelnen Probennahmen sind die Geräte zu reinigen und anschließend mit Leitungswasser zu spülen. Das dabei anfallende Spülwasser ist im Labor stichprobenartig auf Blindwerte zu untersuchen. Über die Ergebnisse sind Blindwertkontrollkarten zu führen.
- Eine Möglichkeit, Verschleppungen zu vermindern, besteht darin, Probennahmegeräte und -systeme nur für bestimmte Konzentrationsbereiche der Wasserinhaltsstoffe (z.B. Grundmessnetz, normal belastete Altstandorte, stark kontaminierte Messstellen) einzusetzen.
- Die Probennahmetechnik ist entsprechend der Vorschriften regelmäßig zu warten. Die Führung von Betriebs- und Wartungsbüchern (Eintragung des Beschaffungstages, der Einsatztage, der Wartung, der Reparaturen, Inspektionen usw.) wird empfohlen. Es darf nur gewartete und funktionierende Mess- und Probennahmetechnik eingesetzt werden.

- Die Vor-Ort-Messtechnik ist regelmäßig zu kalibrieren bzw. zu prüfen. Die Führung von Wartungsbüchern (Eintragung des Beschaffungstages, der Einsatztage, dem Tag der Kalibrierung und Ergebnis der Kalibrierung) ist erforderlich. Zusätzlich sollten Mittelwertkontrollkarten geführt werden. Messketten, welche die auf der Mittelwertkontrollkarte festgelegte Ausschlussgrenze über- oder unterschreiten, sind instand zusetzen oder auszusondern.

7.3 Probennahme

- Die für eine Messstelle festgelegten Randbedingungen der Probennahme (wie Einhängtiefe der Pumpe und Förderrate) sowie die Abfüllmethodik sind bei allen Probennahmen beizubehalten. Informationen darüber sind dem Messstellenpass zu entnehmen. Abweichungen sind im Probennahmeprotokoll zu vermerken.
- Die Verläufe der Leitkennwerte sind vor Ort aufzuzeichnen. Der Zeitpunkt der Probenentnahme ist in den Kurven zu kennzeichnen.
- Die zum Zeitpunkt der Probenentnahme ermittelten Leitkennwerte sind mit den Angaben aus dem Messstellenpass zu vergleichen.

7.4 Probentransport

- Während des Transportes von Proben mit flüchtigen Bestandteilen sollten stichprobenartig zusätzliche Probengefäße mitgeführt werden, die mit destilliertem Wasser bzw. Wasserproben bekannter Zusammensetzung gefüllt sind. Anhand der Analysenergebnisse dieser Proben können Probenverfälschungen durch Aus- bzw. Einträge von Analyten erkannt werden. Die Ergebnisse sind in Kontrollkarten oder anderer Form zu dokumentieren.

8 Arbeitsschutz

Beim Betreten von Quellschächten und Stollen, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden, sind die entsprechenden hygienischen Vorschriften zu beachten (DIN 2000, DVGW 1995 a, LfUG 1997).

Bei der Entnahme von Wasserproben aus Schloten, Brunnenstuben oder Quellschächten gelten die Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen (ZH 1/77). Bei Arbeiten in derartigen Bauwerken besteht ein erhöhtes Gefahrenpotential für den Probennehmer, insbesondere beim Schachteinstieg von oben (DVGW 1995 b). Hier ist das Risiko eines Absturzes zu beachten (Unfallverhütungsvorschriften VBG 74).

Eine weitere Gefahrenquelle bei vertikalem Einstieg in eine Quelfassung oder einen Brunnen kann Sauerstoffmangel oder eine erhöhte Kohlendioxid-Konzentration (CO_2) sein. CO_2 ist schwerer als Luft und sammelt sich in Senken. Eine CO_2 -Erhöhung kann verschiedene Ursachen haben, deshalb ist CO_2 nicht indirekt über die Verringerung des Luftsauerstoffs messbar (DVWK 1994). Um einen Unfall durch Erstickung auszuschließen, kann vor dem Betreten der Schachanlage die Atmosphäre mit einem Gaswarngerät geprüft werden. Eine weitere Gefahr kann in dem Vorhandensein von CO , CH_4 und H_2 bestehen. Auch in diesen Fällen ist eine vorherige Gasprüfung durchzuführen (BALKE et al. 2000). Im Bedarfsfall muss vor der Beprobung die Schachtatmosphäre mit einem mobilen Lüftungsgerät abgesaugt und ausgetauscht werden (DVGW 1996). Arbeiten in Schächten und Brunnenstuben dürfen nur von zwei qualifizierten Personen durchgeführt werden, wobei nur eine den geschlossenen Raum betreten darf.

Bei allen Tätigkeiten der Grundwasserprobennahme, bei denen Hautkontakt mit kontaminierten Wässern zu erwarten ist, sind Handschuhe zu tragen.

Messstellen, bei denen eine Kontamination mit leichtflüchtigen giftigen Stoffen vermutet wird, sollten unmittelbar nach Ankunft am Probennahmeort geöffnet werden, um die Verdünnung schadstoffhaltiger Luft im Messstellenrohr durch Gasaustausch mit der Außenluft zu fördern.

9 Literaturverzeichnis

- BALKE, K.-D., BEIMS, U., HEERS, F., HÖLTING, B., HOMRIGHAUSEN, R. UND MATTHESS, G. (2000): Grundwassererschließung. – Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 4, S. 282
- BARCELONA, M. J., HELFRICH, J. A., GARSKE, E.E. (1985): Sampling tubing effects on groundwater samples. – Anal. Chem. 57: 460 – 464.
- BARCELONA, M. J., HELFRICH, J. A., GARSKE, E.E. (1988): Verification of sampling methods and selection of materials for groundwater contamination studies. – ASTM Spec. Tech. Publ., 963 (Groundwater Contamination): S 221 – 231.
- DEHNERT, J., KUHN, K., FREYER, K., TREUTLER, H. C. (2000): Überwachung des hydraulischen Kriteriums bei der Grundwasserprobennahme.- Wasser und Abfall 2 (1-2): 24-30.
- DEHNERT, J., KUHN, K., GRISCHEK, TH., LANKAU, R., NESTLER, W. (2001): Eine Untersuchung zum Einfluss voll verfilterter Messstellen auf die Grundwasserbeschaffenheit.- Grundwasser 4 (6): 174-182.
- DEHNERT, J., NEITZEL, P. L., DÖRING, U., LANKAU, R.; SCHNEIDER, P., FREYER, K., KUHN, K. (2003): Bestimmung geeigneter Förderraten bei der Grundwasserprobennahme mithilfe von Partikel- und Radonmessungen. – Grundwasser 8 (2): 91-102.
- DEHNERT, J., NESTLER, W., FREYER, K., TREUTLER, H. C., NEITZEL, P., WALTHER, W. (1997): Radon-222 - ein neuer Leitkennwert zur Bestimmung optimaler Abpumpzeiten von Grundwassermeßstellen.- Grundwasser 2 (1): 25-33.
- DIN 2000 (2000): Zentrale Trinkwasserversorgung: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser; Planung, Bau und Betrieb der Anlagen; Technische Regel des DVGW
- DIN 38402-13 (1985): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A) Probennahme aus Grundwasserleitern (A13).
- DIN 38402-41 (1984): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A), Ringversuche, Planung und Organisation (A41).
- DIN 38402-42 (1984): Deutsche Einheitsverfahren Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Allgemeine Angaben (Gruppe A), Ringversuche, Auswertung (A42).
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie, Begriffe zur Quantitativen Hydrologie. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- DIN EN ISO 5667-3 (2002): Wasserbeschaffenheit; Probennahme. Teil 3: Allgemeine Angaben (Gruppe A), Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Proben (A21); (ISO DIS 5667-3: 2002), Deutsche Fassung pr EN ISO 5667-3: 2002 (1996-04-00).

DREHER, T. (1991): LCKW in Grundwasserproben. Verschleppungen durch die Probenahme. – Geol. Jb. Hessen 119: 177-189.

DVGW (1995 a): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. Technische Regel, DVGW-Arbeitsblatt W122.

DVGW (1995 b): Abschlussbauwerke für Brunnen der Wassergewinnung. Technische Regel, DVGW-Arbeitsblatt W122.

DVGW (1996): Wassergewinnung und Wasserwirtschaft. Lehr- und Handbuch Wasserversorgung Bd. 1, Oldenbourg Verlag München, Wien.

DVGW/BMU-ARBEITSKREIS „STRAHLENSCHUTZ“ (2002): Neue Pflichten für alle Wasserversorgungsunternehmen: Strahlenschutz für Mitarbeiter.
<http://www.dvgw.de/wasser/rechtsvorschriften/nationalesrecht.html#radon>.

DVGW-REGELWERK (1995 c): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete. Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW Technische Mitteilungen Merkblatt W 101.

DVGW-REGELWERK (2001): Entnahme von Wasserproben bei der Erschließung, Gewinnung und Überwachung von Grundwasser. DVGW Technische Mitteilungen Merkblatt W 112.

DVGW-REGELWERK (2002): Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen. – DVGW Technische Mitteilungen Merkblatt W 121

DVWK-MERKBLÄTTER ZUR WASSERWIRTSCHAFT (1997): Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen.- H. 245.

DVWK-MITTEILUNGEN (1990): Einflüsse von Messstellenausbau und Pumpmaterialien auf die Beschaffenheit einer Wasserprobe.- H. 20.

DVWK-REGELN ZUR WASSERWIRTSCHAFT (1992): Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben.- H. 128.

DVWK-SCHRIFTEN (1989): Grundwasser – Redoxpotentialmessung und Probennahmegeräte.- H. 84.

DVWK-SCHRIFTEN (1994): Grundwassermeßgeräte. Schriften 107.

HUBBARD, C.E., BARKER, J.F., O'HANNESIN, S.F., VANDERGRIENDT, M., GILLHAM, R.W., 1994. Transport and fate of dissolved methanol, methyl-tertiary-butyl-ether, and monoaromatic hydrocarbons in a shallow sand aquifer. American Petroleum Institute Publication 4601, Health & Environmental Sciences Department, Washington, D.C., 226 p.

JANICKE, W. (1983): Sorptionswirkung von Kunststoffen auf organische Wasserinhaltsstoffe. – Z. Wasser – Abwasser – Forsch. 17: 7-11

JONES, I., LERNER, D. N. (1995): Level-determined sampling in an uncased borehole.- J. Hydrology 171: 291-317.

KALERIS, V., HADJITHEODOROU, C., DEMETRACOPOULOS, A. C. (1995): Numerical simulation of field methods for estimating hydraulic conductivity and concentration profiles.- J. Hydrology 171: 319-353.

LAWA (1995 a): Grundwasser – Richtlinien zur Beobachtung und Auswertung: Teil 4 Quellen.

LAWA (1995 b): AQS-Merkblatt für die Qualitätsuntersuchung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen P-8/2.

LAWA (1999): Empfehlungen zu Konfiguration von Messnetzen sowie zu Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen (qualitativ)

LERNER, D. N., TEUTSCH, G. (1995): Recommendations for level-determined sampling in wells.- J. Hydrology 171: 355-377.

LFU LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Beprobung von Grundwasser – Literaturstudie.

LFU LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Anleitung zur Probennahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser

LFUG (1997): Trinkwasserschutz in Quellgebieten. Materialien zur Hydrogeologie, Band 1, 1997.

LFUG (2003): Standard-Arbeitsvorschriften zur Vor-Ort-Bestimmung von elektrischer Leitfähigkeit, pH-Wert, gelöstem Sauerstoff und Sauerstoffsättigung sowie Redoxspannung. Materialien zur Wasserwirtschaft, Handbuch Grundwasserbeobachtung, z.Z. noch in Bearbeitung.

LFW BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2002): Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen, Merkblatt Nr. 38/6

LICHA, T., HERFORT, M., SAUTER, M. (2001): Phenolindex – ein sinnvoller Parameter für die Altlastenbewertung. – Grundwasser 1 (6): 8-14.

NILSSON, B., JAKOBSEN, R., ANDERSEN, L. J. (1995 a): Development and testing of active groundwater samplers.- J. Hydrology 171: 223-238.

NILSSON, B., LUCKNER, L., SCHIRMER, M. (1995 b): Field trials of active and multi-port sock samplers in gravel-packed wells.- J. Hydrology 171: 259-289.

PESTEMER, W., NORDMEYER, H. (1988): Sorption von ausgewählten Pflanzenschutzmitteln an unterschiedlichen Schlauchmaterialien. – Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene 186: 375-379.

ROSS, J.-H. (2002): Probennahme bei Quellen. – LfUG, unveröff.

SALFAWEB: Sächsisches Altlastenfachinformationssystem im Internet
<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/salfaweb/>

SCHIRMER, M., JONES, I., TEUTSCH, G., LERNER, D. N. (1995): Development and testing of multiport sock samplers for groundwater.- J. Hydrology 171: 319-353.

SCHWARZE, R., ROSS J.-H. (1996): Trinkwasserschutz in Quellgebieten; Ermittlungsgrundlagen für die Bemessung von Trinkwasserschutzzonen für Quelfassungen. Abschlußbericht Teil 2, Anwendung. TU Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie: 130 – 137, unveröff.

SEEBURGER, I., KÄSS, W. (1989): Redoxpotential-Messungen im Grundwasser. – DVWK-Schriften, H. 84: 63-115.

SMUL, LFUG, ARGE AFC SACHSEN (2003): Projekthandbuch zur Altlastenfreistellung in Sachsen – Anlagen, Teil 1

TOPP, E., SMITH, W. (1992): Sorption of the herbicides atrazine and metachlor to selected plastics and silicone rubber. – J. Env. Qual. 21: 316-317

TOUSSAINT, B. (1999): In DGFZ Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V. (1999): Grundwassermonitoring. Anforderungen – Probleme – Lösungen. 7. Dresdner Grundwasserforschungstage 27.-28.09.1999 in Dresden.

Unfallverhütungsvorschrift 1a „Leitern und Tritte“ (VBG 74).

ZH1/77: Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Regelwerk zur Grundwasserprobennahme	5
Abb. 2: Systematisierung der Messstellentypen (DVWK 1997, geänd.)	6
Abb. 3: Systematisierung von Grundwasserentnahmegeräten (aus DVWK 1997)	9
Abb. 4: Beschaffenheitsverändernde Wirkung der Grundwasserentnahmegeräte (aus DVWK 1997)	10
Abb. 5: Auswahl des Probennahmesystems als Funktion des Kennwert-/Messgrößen- spektrums (aus DVWK 1997)	11
Abb. 6: Konstruktion und Wirkungsprinzip von Packersystemen (nach DVWK 1997, geänd.)	12
Abb. 7: Schematische Beispiele zum Einsatz von Doppelpackern [aus DVWK 1997, geänd.]	13

11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Leitparameter für die standortorientierte Grundwasseranalyse (nach DVWK 1992 geänd. und ergänzt)	15
Tab. 2: Eignung von Rohr- und Schlauchmaterialien zur Grundwasserprobennahme (nach DVWK-MITTEILUNGEN, HEFT 20, 1990)	17
Tab. 3: Grundregeln bei der Messung der Leitkennwerte	27

12 Anlagenverzeichnis

1. Messstellenpass für Grundwassermessstellen (s. Formulare)
2. Übersicht über ausgewählte Pumptypen
3. Parameterübersicht
4. Probennahmeprotokoll (s. Formulare)
5. Probenbegleitschein - Muster
6. Protokoll zum Abpumpversuch (s. Formulare)
7. Reinigung der Probennahmebehälter

Anlage 1

MESSSTELLENPASS für Grundwassermessstellen BLATT: 1			FÜHRENDE STELLE: _____ (Name, Anschrift, Bearbeiter)			
1. MESSSTELLENBEZEICHNUNG			<u>PROJEKT / MESSNETZ</u>			
ROHR-NR.	MESSSTELLEN-NUMMER	VOR-ORT-BESCHRIFTUNG	<u>MESSSTELLENNAME</u>			
1						
2						
3						
4						
2. LAGEBESCHREIBUNG			LANDKREIS: GEMEINDE: GEMARKUNG:			
TK 25:			Bezugssystem GELÄNDEHÖHE:			
KOORDINATEN nach Gauß-Krüger (Bessel)						
ROHR-NR.	HOCHWERT (m)	RECHTSWERT (m)	MESSPUNKTHÖHE			
1						
2						
3						
4						
VOR-ORT-ANSPRECHPARTNER:						
3. MESSSTELLENAUSBAU						
ENDBOHR-Ø [mm]	ENDTEUFE [m u. Gel.]	MESSSTELLEN-TYP ¹⁾ :	<u>VERSCHLUSS- u. SCHLÜSSELART:</u>			
			<u>AUSBAUMATERIAL:</u>			
		ROHR-	ROHR-	ROHR-	ROHR-	
- Filter-OK [m u. Gel.]						
- Filter-UK [m u. Gel.]						
- Filter-Ø [mm]						
- Ausbausohle [m u. Gel.]						
- Ringraum-Ø [mm]						
4. KRITERIEN ZUR MESSUNG UND BEPROBUNG						
RUHEWASSERSPIEGEL (m u. MP)						
Einhängtiefe der Pumpe (m u. MP)						
Förderrate (l/min)						
Abpumpvolumen (l)						
max. Absenkung (m u. MP)						
- elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)						
- pH-Wert						
- Temperatur (°C)						
- O ₂ -Gehalt (mg/l)						
- Redoxpotential (mV)						
Funktionsfähigkeitsprüfung am:						
Ausbauinspektion am:						

¹⁾ T teilverfilterte GWM

V vollverfilterte GWM

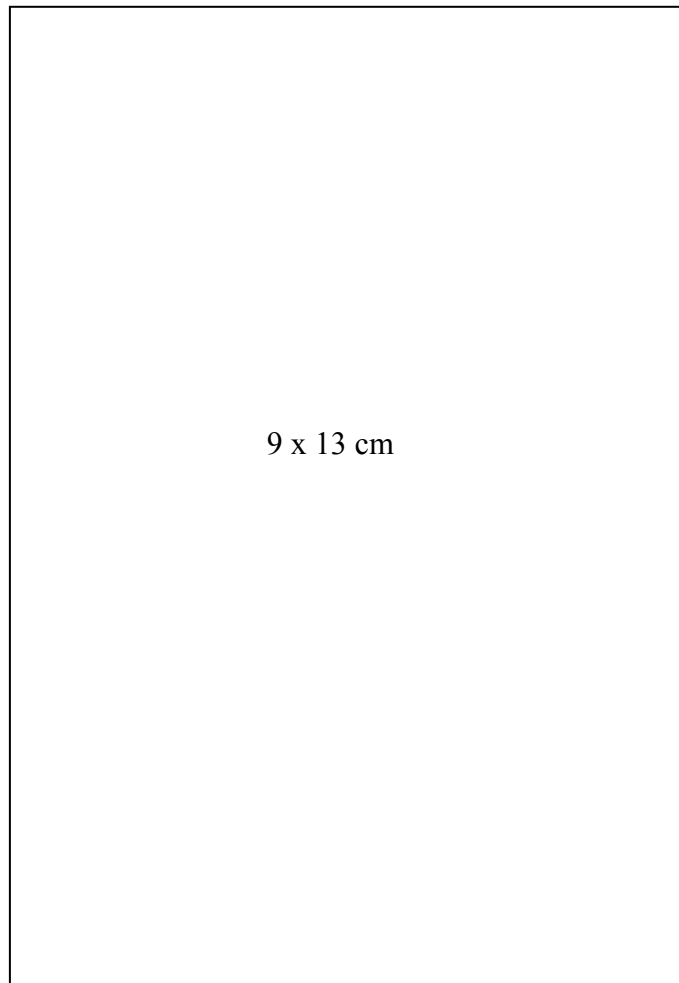
MB Messstellenbündel

M Mehrfach verfilterte GWM

MG Messstellengruppe

5. ANFAHRTSBESCHREIBUNG:

6. FOTO



7. BEMERKUNGEN / BESONDERHEITEN

MESSSTELLENPASS für Grundwassermessstellen BLATT: 3	MESSSTELLEN- NUMMER	8. LAGEPLAN Maßstab 1 : 
Empty space for the site plan		

Abkürzungen:

MP = Messpunkthöhe
 OK = Oberkante
 UK = Unterkante

Anlage 2

Probennahmegeräte

1 Saugpumpen

Sauggeräte können im Allgemeinen nur bis zu einem Flurabstand von 8 m eingesetzt werden. Zudem werden gelöste gasförmige Inhaltsstoffe, z. T. Ammoniak, aromatische KW, LHKW, durch den erzeugten Unterdruck ausgegast, was eine quantitative Bestimmung dieser Stoffe unmöglich macht.

1.1 Kolbenprober

Prinzip:

Der Kolbenprober ist ein einfaches, handbetätigtes Gerät, das sich aus einem Glas- oder Kunststoffzylinder, einem Kolben, zwei Schlauchventilen, einem T-Stück und passenden Schläuchen zusammensetzt.

Förderleistung:

Förderleistungen sind gering und liegen bei 0,05 - 0,5 l/min.

Einsatzbereich:

Der Einsatz kommt nur in Frage, wenn alle anderen Probennahmegeräte versagen, d. h. bei der Entleerung von Saugkerzen in der ungesättigten Zone, oder wenn der Rohrdurchmesser zu eng bzw. der Zufluss sehr gering ist. Bei einem Flurabstand größer 4 m ist der Einsatz ausgeschlossen. Kolbenprober sind zur Entnahme von Sterilproben geeignet, da sie mit Desinfektionsmitteln leicht keimfrei gemacht werden können. Bei der Verwendung von autoklavierten Silikonschläuchen können Sterilproben aus jeder beliebigen Tiefe genommen werden, solange der Flurabstand nicht größer als 4 m ist. Der Einfluss des Desinfektionsmittels auf die Probe ist zu beachten.

1.2 Motorsaugpumpen

Prinzip:

Tragbare Motorsaugpumpen sind Kreiselpumpen, die entweder elektrisch oder mit Verbrennungsmotor betrieben werden.

Förderleistung:

Die maximale Förderleistung beträgt 30 - 180 l/min bei geringen Förderhöhen.

Einsatzbereich:

Der maximale Flurabstand darf 8 m nicht überschreiten. Bei größeren Entnahmetiefen (> 3 m) ist ein Fußventil am Ende des Saugschlauches erforderlich.

Betrieb:

Ein Ablassschraubstopfen zum Entleeren und Abtrocknen des Pumpengehäuses ist vorteilhaft. Kreiselpumpen sind vor Inbetriebnahme mit Wasser zu füllen, da die Pumpen in der Regel nicht selbstansaugend sind. Dies geschieht durch das Entlüften des Pumpensystems über den Kreislauf: Wasserbehälter – Entnahmeschlauch – Pumpe – Auslaufschlauch – Wasserbehälter. Danach ist bei mittlerer Umdrehungszahl der Auslaufhahn zu schließen und der Entnahmeschlauch rasch in das Entnahmerohr einzuführen. Anschließend sind die Motordrehzahl zu erhöhen und der Auslaufhahn zu öffnen. Durch Regelung der Motordrehzahl und der Stellung des Auslaufhahns ist die Förderleistung der Ergiebigkeit der Entnahmestelle anzupassen.

1.3 Tiefsauger

Prinzip:

Tiefsauger sind Probennahmegeräte, die nach dem Wasserstrahl-Pumpen-Prinzip arbeiten. Das Kernstück ist die Saugdüse, die in das Probennahmerohr an 2 Schläuchen oder an einem Doppelschlauch eingelassen wird. Mit einer starken Motorpumpe wird zunächst Fremdwasser mit hoher Geschwindigkeit durch einen Schlauch nach unten zur Düse gepumpt. Dieses Treibwasser saugt über einen Saugkorb Wasser aus dem Grundwasserleiter an und drückt es über die Steigleitung in einen Entlastungsbehälter. Nachteilig ist, dass Fremdwasser verwendet wird. Daher darf die Probennahme erst beginnen, wenn das zuerst eingesetzte Fremdwasser vollständig beseitigt worden ist. Dieser Punkt kann über die Leitfähigkeitskontrolle bestimmt werden.

Förderleistung:

Die Förderleistung hängt entscheidend von dem Druck an der Düse sowie vom Flurabstand ab. Unter günstigen Bedingungen kann bei einem Flurabstand von 30 m eine Förderleistung von 5,5 l/min erreicht werden.

Einsatzbereich:

Tiefsauger werden bei großen Flurabständen und engen Rohren eingesetzt. Nachteilig ist die schwierige Handhabung und die Empfindlichkeit gegen Verschmutzung.

2 Unterwasserpumpen

Pumpen, die sich unter Wasser befinden und die Wasserprobe unter einem höheren Druck als dem Atmosphärendruck in die Probengefäße befördern, werden Unterwasserpumpen genannt. Durch diese Funktionsweise wird die Ausgasung der gasförmigen Wasserinhaltsstoffe weitgehend verhindert. Unterwasserpumpen sind daher den Saugpumpen vorzuziehen.

2.1 Tauchmotorpumpe

Prinzip:

Tauchmotorpumpen sind Kreispumpen, die mit einem elektrischen Unterwassermotor betrieben werden. Das zum Antrieb erforderliche Stromaggregat muss eine gewisse Reserveleistung besitzen, da die Anlaufleistung der Pumpe bedeutend höher liegen kann als die Dauerleistung. Die kleinsten Pumpen haben eine Leistungsaufnahme von 370 Watt.

Förderleistung:

Je nach Hersteller und Modell gibt es für fast jeden Rohrdurchmesser, jede Förderhöhe und jede Förderleistung die passende Pumpe. Die Leistungsdaten sind dem entsprechenden Leistungsdiagramm zu entnehmen.

Einsatzbereich:

In der Praxis sollten möglichst Tauchmotorpumpen zur Probennahme verwendet werden. Begrenzt einsetzbar sind diese Pumpen bei Grundwassermessstellen ohne ausreichenden Grundwasserzufluss, bei denen die Pumpe trockenfallen kann.

2.2 Schwingkolbenpumpen

Prinzip:

Diese elektrischen Pumpen bestehen aus dem Hohlkolben, der in einer wechselstromgespeisten Spule auf- und niederschwingt und über zwei Ventile Wasser fördert. Durch die geringe Leistungsaufnahme kann diese Pumpe auch über einen Wandler mit einer Batterie betrieben werden.

Förderleistung:

Die Förderleistung ist mit maximal 2 - 9 l/min gering. Die maximale Förderhöhe liegt bei 65 m.

Einsatzbereich:

Wegen der geringen Förderleistung sind Schwingkolben gut geeignet für Redoxmessungen in Durchflussmesszellen, für die Bestimmung der Durchgangskurve eines Markiermittels und für das Abschnüffeln der Schadstoffphase bei Schadensfällen mit Mineralöl oder Lösungsmitteln. Im letzteren Fall muss ein Verlängerungsschlauch mit einem Ansaugfilter in die Lösungsmittelphase eintauchen, da sonst Kabelwerkstoff aufgelöst wird. Bei einer Reinigung der Pumpe mit 70 %igem Alkohol sind auch bakteriologische Untersuchungen durchführbar. Wegen der geringen Förderleistung ist auf ein ausreichend langes Abpumpen zu achten.

2.3 Kleinst-Tauchmotorpumpen

Prinzip:

Kleinst-Tauchmotorpumpen sind ursprünglich für den Campingbedarf konstruierte, preiswerte Kreispumpen. Daher werden sie auch Campingpumpen genannt. Die Pumpen sind nicht selbstansaugend und müssen vollständig geflutet werden. Sie werden mit 12 V oder 24 V Gleichstrom betrieben und können an die Autobatterie oder einen Akku angeschlossen werden. Bei längeren Kabeln ist der Spannungsabfall aufgrund der geringen Spannung zu beachten. Eine geringe Überspannung oder ein größerer Leiterquerschnitt sind von Vorteil.

Förderleistung:

Je nach Gerät beträgt die maximale Förderleistung bei 2 m Förderhöhe 2 - 10 l/min. Maximale Förderhöhen liegen je nach Modell bei 8 - 55 m.

Einsatzbereich:

Diese Pumpen werden vor allem bei Messstellen mit geringem Flurabstand und geringem Rohrdurchmesser eingesetzt. Größere Flurabstände können durch eine Kombination mehrerer Pumpen überwunden werden.

2.4 Hubkolbenpumpen

Prinzip:

Diese Pumpen arbeiten nach dem Verdrängungsprinzip und bestehen aus einem Hohlzylinder mit Ein- und Auslassventilen, in dem sich ein Kolben bewegt. Der Antrieb des Kolbenhubes von ca. 40 cm erfolgt durch einen Elektro- oder Benzinmotor über ein Seil, das in einem Rohr läuft.

Förderleistung:

Bei 30 m Flurabstand werden ungefähr 15 l/min gefördert.

Einsatzbereich:

Für den mobilen Einsatz sind diese Pumpen aufgrund konstruktionsbedingter Nachteile (Seil in starrem Kunststoffschlauch) wenig geeignet. Mehr als 50 m Einlasstiefe ist bei einer Seil-Schlauch-Kombination wegen der Seil- und Schlauchdehnung nicht sinnvoll. Für den stationären Betrieb mit verschraubten Steigrohren ist jedoch ein wenig störanfälliger Betrieb gewährleistet.

2.5 Druckluft- oder Impulspumpen

Prinzip:

Die Energiezufuhr bei diesen Pumpen, die nach dem Verdrängungsprinzip arbeiten, erfolgt durch Pressluft. Das geförderte Wasser kommt mit der Pressluft nicht in Berührung. Bei geringen Förderhöhen kann die Pressluftversorgung über Stahlflaschen erfolgen. Sonst werden Kompressoren eingesetzt. Es werden drei Schläuche in die Messstelle eingeführt: Pressluft-, Abluft- und Förderleitung.

Förderleistung:

Die Förderhöhe kann 100 m und mehr betragen. Die Förderleistung liegt bei einer Förderhöhe von 50 m zwischen 3 und 6 l/min.

Einsatzbereich:

Diese Pumpen sind geeignet für enge und tiefe Messstellen. Es ist vorteilhaft, diese Technik mit zwei Personen zu betreiben.

Anlage 3

Messverfahren physikalisch-chemischer Kenngrößen (Wasser)

Parameter	Dimension	Konservierungs-			Probenvor- bereitung	Bemerkung
		gefäße	dauer	temp./Zus.		
Redoxspannung	mV					
Wasser- temperatur	°C	Glas	Sofortmessung			
pH-Wert			Sofortmessung			
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	Glas, PE	Sofortmessung oder 24 h	4 – 6 °C		
Gelöster Sauerstoff	mg/l	Glas	Sofortmessung 36 h	Fixierung mit Mangan-(II)- sulfat + Jod-Azid- Lösung		1. DIN-Verfahren 2. DIN-Verfahren
Säurekapazität	mmol/l	Glas, PE		4 – 6 °C		
Chlorid	mg/l	PTFE, PE	möglichst bald nach der Probennahme oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C -18 °C	Membranfiltration 0,45 µm	
Sulfat	mg/l	PTFE, PE	möglichst bald nach der Probennahme oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C -18 °C	Membranfiltration 0,45 µm	
Nitrat-Stickstoff	mg/l	PTFE, PE	möglichst bald nach der Probennahme oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C -18 °C	Membranfiltration 0,45 µm	
Nitrit-Stickstoff	mg/l	PTFE, PE	möglichst bald nach der Probennahme oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C -18 °C	Membranfiltration 0,45 µm	
Ammonium- Stickstoff	mg/l	Glas, PTFE	möglichst sofort o. innerh. 24d	4 – 6 °C 4 – 6 °C (Probe dunkel lagern) pH ≤ 2 (H ₂ SO ₄)	Membranfiltration 0,45 µm	1. DIN-Verfahren 2. DIN-Verfahren
Cyanide, leicht freisetzbar und Cyanide gesamt	mg/l	Glas	möglichst bald nach Proben- nahme, < 3 d	4 – 6 °C (Probe dunkel lagern) pH < 12 (NaOH) (Probe dunkel lagern)	unfiltriert, homogenisiert homogenisiert, bei Partikeln >100 µm filtrieren	1. DIN-Verfahren 2. DIN-Verfahren
Fluorid	mg/l	PE	3 d	4 – 6 °C	Membranfiltration 0,45 µm	1. DIN-Verfahren
		PTFE, PE	möglichst bald nach der Pro- bennahme od. Tiefgefrieren	4 – 6 °C - 18°C		2. DIN-Verfahren

Parameter	Dimension	Konservierungs-			Probenvor- bereitung	Bemerkung
		gefäße	dauer	temp./Zus.		
Chemischer Sauerstoffbedarf	mg/l	Glas, Kunststoff	36 h oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C - 18 °C	unfiltriert, homogenisiert	
BSB _n verdünnt BSB _n unverdünnt (entspricht ZS _n)	mg/l	Glas	möglichst bald nach der Probenahme oder Tiefgefrieren	4 – 6 °C - 18 °C	unfiltriert, homogenisiert, mit O ₂ belüften	
DOC	mg/l	Glas, PE	maximal 7 d	4 – 6 °C	Membranfiltration 0,45 µm	
AOX	µg/l	Glas	24 h	4 – 6 °C pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert	
Kohlenwasserstoffindex	mg/l	Glas	4 d	4 – 6 °C	unfiltriert	
Phenolindex	mg/l	Glas (braun), PTFE	24 h	4 – 6 °C, pH < 4, Zugabe von 1 g/l Kupfersulfat 4 – 6 °C, pH 2, HCl (verd.) o. H ₂ SO ₄ (verd.)	unfiltriert, homogenisiert	1. DIN-Verfahren 2. DIN-Verfahren
Natrium	mg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HCl _C oder HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Kalium	mg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HCl _C oder HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Calcium	mg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Magnesium	mg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Kupfer	µg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Zink	µg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Mangan	mg/l	PTFE, PE oder Borsilikat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO _{3C})	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	

Parameter	Dimension	Konservierungs-			Probenvor- bereitung	Bemerkung
		gefäße	dauer	temp./Zus.		
Eisen	mg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Cadmium	µg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Nickel	µg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Blei	µg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Chrom	µg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-Glas, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Chrom-VI	µg/l	Glas, PE	36 h	4 – 6 °C pH 7,5- 8,0 (NaOH- bzw. H ₃ PO ₄ -Lsg.)	Membranfiltration 0,45 µm	
Aluminium	µg/l	PTFE, PE oder Borsilicat-glas PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
Bor	mg/l	PTFE, PE, PFA, FEP	1 m	pH < 2 (HNO ₃ c)	unfiltriert, homogenisiert, mind. 12 Std. absetzen lassen	
BTEX	µg/l	Glas (braun) mit Vollschliff-stopfen	48 h	4 – 6 °C	unfiltriert	
LHKW	µg/l	Glas (braun) mit Vollschliff-stopfen	48 h	4 – 6 °C	unfiltriert	
Saure Herbizide	µg/l	Glas (braun) mit Vollschliff-stopfen	möglichst bald nach Proben-nahme, max. 1 Woche	4 – 6 °C	unfiltriert, falls erforderlich, Schwebstoffe mit Glasfilter abfiltrieren	
Neutrale Herbizi-de	µg/l	Glas (braun) mit Vollschliff-stopfen	möglichst bald nach Proben-nahme, max. 1 Woche	4 – 6 °C	unfiltriert, falls erforderlich, Schwebstoffe mit Glasfilter abfiltrieren	

Parameter	Dimension	Konservierungs-			Probenvor- bereitung	Bemerkung
		gefäße	dauer	temp./Zus.		
PAK nach EPA	ng/l	Glas (braun) mit Vollschliff- stopfen	24 h 72 h	4 – 6 °C (Natriumthio- sulfat, Probe dunkel lagern) 4 – 6 °C (25 ml n-Hexan, Probe dunkel lagern)	unfiltriert	
EDTA NTA	µg/l µg/l	Glas		4 – 6 °C (Formaldehyd- zusatz)	unfiltriert	

Anlage 4

Protokoll über die Entnahme einer Grundwasserprobe

Messstellenname: _____ Messstellenkennziffer: _____ Probennehmer: _____ Probennehmende Stelle: _____ Untersuchungslabor: _____ Probenmaterial: _____ ¹⁾	Datum: _____ Projekt: _____ ^(I) Probennummer: _____ Kennziffer: _____ ^(II) Beweisniveau: _____ ^(II) Betreiber: _____
---	--

1. Angaben zur Entnahmestelle:

Art der Probennahmestelle: _____ ²⁾	Bohrlochdurchmesser: _____ mm
Hochwert: _____ ^(III)	Innendurchmesser: _____ mm
Rechtswert: _____ ^(III)	Filteroberkante: _____ m u MP
Geländehöhe: _____ (mHN / mNN)	Filterunterkante: _____ m u MP
Messpunkthöhe: _____ (mHN / mNN)	Ausbaushöhe: _____ m u MP

2. Angaben zur Planung der Probennahme:

Anlass der Probennahme: _____ ³⁾	vorauss. Einhängtiefe der Pumpe: _____ m u MP
Art der Probennahme: _____ ⁴⁾	hydraul. Kriterium nach DVWK: _____ l (berechnetes Abpumpvolumen)
Besonderheiten: _____	

3. Angaben zur Durchführung der Probennahme:

Entnahmegesetz: _____ ⁵⁾	Witterungsbedingungen: _____ ⁶⁾
Unterseite oberer Packer: _____ m u MP	Einhängtiefe der Pumpe: _____ m u MP
Oberseite unterer Packer: _____ m u MP	Schüttung: _____ l/s

	Beginn des Abpumpens	Beginn der Probennahme	Ende der Probennahme
Uhrzeit			
Wasserspiegel [cm u MP]		_____	
Lotung [cm u MP]		_____	
Förderrate [l/min]			_____
Abpumpvolumen [l]	_____		_____

4. Organoleptische Untersuchungen (nach Abpumpvorgang):

Geruch: 10 ohne, 20 schwach, 30 stark 01 erdig, 02 modrig, 03 faulig(H ₂ S), 04 jauchig, 05 fischig 06 aromatisch, 07 Chlor, 08 Teer, 09 Mineralöl	☐ ☐	Färbung: 10 farblos, 20 schwach, 30 stark 01 weiß, 02 grau, 03 gelb, 04 grün, 05 braun	☐ ☐
Bodensatz: 10 ohne, 20 Spuren, 30 geringfügig, 40 wesentlich	☐ ☐	Trübung: 10 keine, 20 schwach, 30 stark	☐ ☐

5. Vor-Ort-Messungen (nach Abpumpvorgang):

Sauerstoff- gehalt	el. Leitfähigkeit (25°C)	pH-Wert	Redoxpotential	Salinität	Luft- temperatur	Wasser- temperatur
mg/l	µS/cm		Ablesewert	mV	°C	°C
			Absolutwert:	mV		
				%		

6. Bemerkungen:

Unterschrift: _____

Schlüssel für die umseitigen Angaben:

1) <u>Untersuchung von:</u>	2) <u>Art der PN-stelle:</u>	3) <u>Anlaß der PN:</u>	4) <u>Art der PN:</u>	5) <u>Entnahmegерäte:</u>	6) <u>Witterung:</u>
WG Grundwasser	01 GWBR	C chem. Charakterisierung von GW	W Wassersammelprobe allg.	S Schöpfgerät	01 trocken
WQ Quellwasser	02 Bohrbrunnen	U Klärung v. Kontaminationen	WM Mischprobe	ZH Zapfhahn	02 mäßig feucht
WU Uferfiltrat	03 Schachtbrunnen	R Routinemessung	WH Schöpfprobe	P Pumpe	03 Starkregen während PN
WT Trinkwasser	05 Quelle	H Schadensfall/Havarie	WP Pumpprobe	PT Tauchmotorpumpe	04 Schneedecke
WR Rohwasser	06 Sammelentnahme	I Im Auftrag	WN natürl. Aus-/Überlauf	PF Pumpe stationär	05 Schneeschmelzperiode
	07 artesische Messstelle	N nicht bekannt	WK Entnahme Wasserwerk	SK Saugkerze	06 Starkregen vor PN
	08 Stollen		WO Entnahme Ortsnetz		07 sonnig, heiss
	09 Messstellenbündel				

Erläuterungen:

- (I) Name des Messnetzes oder Projektes
- (II) nur bei Altlastenuntersuchungen (Kennziffer entspricht Altlastenkennziffer + Teilflächennummer)
- (III) Angabe als Bessel-Koordinate

Anlage zum Protokoll über die Entnahme einer Grundwasserprobe vom _____._____._____

Probennummer: _____

Messstellenkennziffer: _____

7. Ermittlung des Beschaffenheitskriteriums (Konstanz der Leitkennwerte)

(Die Tabelle ist auszufüllen, wenn keine Online-Messtechnik zur Verfügung steht)

[illegible]

Anlage 5

Probenbegleitschein Grundwasseruntersuchungen - Muster

Probennahmedatum: _____

Probennehmer:
probennehmende Stelle:
Untersuchungslabor:

Proben- nummer	Messstellen- kennziffer	Messstellenname	Untersuchungsprogramm ¹⁾															
			Grundmessprogramm	AOX	spek. Absorptionskoeff. 436 nm	Phenolindex, wasserdampfll.	DOC	Sulfid	KW	Bromid	Grundprogramm Metalle gesamt	Grundprogramm Metalle gelöst	Hg, gelöst	Fe (II)	Grundprogramm organische Spurenstoffe	PAK	Phenylharnstoffe Triazine, Bentazon	Phenoxycarbonsäuren
02ZN1039	44542201	Bad Muskau,HyMuk 111/86	X	X	X	X	X			X	X	X			X			X
02ZN1040	4655H00001	Groß Krauscha,Hy GrKu 65/80	X	X	X		X		X		X	X	X	X		X		
02ZN1041	47556002	Deschka,HY 63/80	X	X	X		X	X		X			X	X	X		X	X
02ZN1042	47556004	Kodersdorf	X	X	X	X		X	X	X			X	X		X		X

¹⁾ Das Untersuchungsprogramm wird nach den einzelnen Probennahmeflaschen aufgeschlüsselt

Übergabe:

Übernahme:

Datum, Unterschrift

Datum, Unterschrift

Anlage 6

Protokoll über einen Abpumpversuch

Messstellenname: _____

Datum: _____

Messstellenkennziffer: _____

Projekt: _____ (I)

Probennehmer: _____

Probennummer: _____

Probennehmende Stelle: _____

Kennziffer: _____ (II)

Untersuchungslabor: _____

Beweisniveau: _____ (II)

Probenmaterial: _____ 1)

Betreiber: _____

1. Angaben zur Entnahmestelle:

Art der Probennahmestelle: _____ 2)

Bohrlochdurchmesser: _____ mm

Hochwert: _____ (III)

Innendurchmesser: _____ mm

Rechtswert: _____ (III)

Filteroberkante: _____ m u MP

Geländehöhe: _____ (mHN / mNN)

Filterunterkante: _____ m u MP

Messpunkthöhe: _____ (mHN / mNN)

Ausbausohle: _____ m u MP

2. Angaben zur Planung der Probennahme:

vorauss. Einhängtiefe der Pumpe: _____ m u MP

hydraul. Kriterium nach DVWK: _____ l
(berechnetes Abpumpvolumen)

Besonderheiten: _____

3. Angaben zur Durchführung der Probennahme:

Witterungsbedingungen: _____ 3) gemessene Teufe: _____ m u MP

Unterseite oberer Packer: _____ m u MP

Wasserstand vor Entnahme: _____ cm u MP

Oberseite unterer Packer: _____ m u MP

Einhängtiefe der Pumpe: _____ m u MP

Schlüssel:

1)

Untersuchung von:

W Wasser allg.

WG Grundwasser

WU Uferfiltrat

2)

Art der Probennahmestelle:

01 Grundwasserbeobachtungsrohr

02 Bohrbrunnen

03 Schachtbrunnen

09 Messstellenbündel

3)

Witterung:

01 trocken

02 mäßig feucht

03 Starkregen während PN

04 Schneedecke

05 Schneeschmelzperiode

06 Starkregen vor PN

07 sonnig, heiss

Erläuterungen:

(I) Name des Messnetzes oder Projektes

(II) nur bei Altlastenuntersuchungen (Kennziffer entspricht Altlastenkennziffer + Teilflächennummer)

(III) Angabe als Bessel-Koordinate

4. Organoleptische Untersuchungen

Zeitpunkt der Messung									
Abpumpvolumen [l]									
Färbung									
Trübung									
Geruch									

Färbung: 01-weiß, 02-grau, 03-gelb, 04-grün, 05-braun 10-farblös, 20-schwach, 30-stark

Trübung: 10-keine, 20-schwach, 30-stark

Geruch: 01-erdig, 02-modrig, 03-faulig, 04-jauchig, 05-fischig, 06-aromatisch, 07-chlor, 08-Teer, 09-Mineralöl, 10-ohne, 20-schwach, 30-stark

5. Vor-Ort-Messungen (nach Abpumpvorgang):

Sauerstoff- gehalt	el. Leitfähigkeit (25°C)	pH-Wert	Redoxpotential	Salinität	Luft- temperatur	Wasser- temperatur
mg/l	μS/cm		Ablesewert: mV	%	°C	°C
			Absolutwert: mV			

6. Bemerkungen:

[illegible]

Unterschrift: _____

Anlage 7

Reinigung von Probennahmebehältern (nach LFU, 1993)

Parameter	Material	Reinigung
allgemeine chemische Untersuchungen	Glas	• Reinigung mit einem Laborspülmittel • Spülen mit Leitungswasser • Spülen mit destilliertem Wasser • Trocknen und Ausheizen im Trockenschrank (150 °C) • visuelle Prüfung auf Sauberkeit
	neues Glas	• Spülen mit verdünnter Säure • Nachspülen mit destilliertem Wasser
	Polyethylen	• Füllen der Flasche mit HNO₃ oder HCl (1 N) • Einwirkzeit 1 bis 2 Tage • gründliches Spülen mit destilliertem Wasser
Phosphat	Glas	• keine phosphathaltigen Spülmittel verwenden • Waschen mit heißer HCl (10 %) • gründliches Spülen mit destilliertem Wasser
Detergentien	Glas	• keine Spülmittel verwenden • gründlich mit Wasser reinigen • mit alkoholischer HCl (10 %) spülen • gründliches Spülen mit destilliertem Wasser
Pflanzenschutzmittel	braunes Glas	• Flaschen mit Spülmittel reinigen • gründlich mit destilliertem Wasser nachspülen • im Trockenschrank trocknen • nach dem Trocknen mit organischem Lösungsmittel wie Hexan oder Petrolether nachspülen • Trocknen mit gereinigter Luft oder Stickstoff oder: • 12stündiges Stehen der mit Aceton gefüllten Flaschen sowie anschließendes Spülen mit Hexan und Trocknen
LHKW	Glas	• Vor Gebrauch mit der Öffnung nach unten mindestens 1 h bei 150 °C im belüfteten Trockenschrank ausheizen
SHKW	Glas	• mit Detergenz waschen • mit Chromschwefelsäure, Wasser und schließlich mit Extraktionsmittel spülen oder 12 h bei 200 °C ausheizen
PAK	Glas	• mit Aceton spülen • bei 200 °C trocknen • nicht in der Spülmaschine reinigen
Schwermetalle	Borglas, Polyethylen	• Gefäße nur für Schwermetallanalytik verwenden • im normalen Spülbetrieb reinigen • 1 h mit heißer, hochreiner HCl behandeln • dreimal mit destilliertem Wasser nachspülen
AOX	Glas	• mit destilliertem Wasser spülen • mit destilliertem Aceton spülen • 12 h bei 200 °C ausheizen