



## Merkblatt Nr. 3.8/6

Stand: 05/2023

alte Nummer: 3.8/6 von 02/2010

Ansprechpartner: Referat 96

# Entnahme und Untersuchung von Wasserproben bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen

Wirkungspfad Boden-Grundwasser

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Hinweise</b>	<b>3</b>
1.1	Anwendungsbereich	3
1.2	Qualitätssicherung	3
<b>2</b>	<b>Errichtung, Betrieb und Rückbau von Grundwassermessstellen</b>	<b>4</b>
2.1	Lage und Anzahl	4
2.2	Ausbaudurchmesser	5
2.3	Bohrdurchmesser	5
2.4	Bohrtiefe	5
2.5	Bohrverfahren	6
2.6	Bohrproben	6
2.7	Ausbau	6
2.7.1	Filterstrecken	7
2.7.2	Vollrohrstrecken	8
2.7.3	Ausbauvarianten	8
2.7.4	Ringraum	9
2.7.5	Messstellenabschluss	9
2.7.6	Klarpumpen	9
2.7.7	Einmessen und Dokumentieren der Bohrungen und Messstellen	10
2.8	Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern	10
2.9	Übernahme von bestehenden Grundwassermessstellen	11
2.10	Überprüfung von Grundwassermessstellen	12

2.10.1	Kontrollen während des Baus	12
2.10.2	Abnahme und Erstuntersuchung nach Fertigstellung	12
2.10.3	Routinekontrollen während des Betriebs	12
2.11	Sanierung und Rückbau von Grundwassermessstellen bzw. Bohrlochverfüllung	12
<b>3</b>	<b>Entnahme von Grundwasserproben</b>	<b>14</b>
3.1	Planung und Vorbereitung	14
3.2	Entnahme- und Messgeräte	15
3.3	Durchführung	16
3.3.1	Allgemeines	16
3.3.2	Ruhewasserspiegelmessung und Lotung	17
3.3.3	Abpumpen	18
3.3.4	Vor-Ort-Messungen	19
3.3.5	Abfüllen der Proben, Filtration	19
3.3.6	Entsorgung des Förderwassers	20
3.3.7	Reinigung der Geräte	21
3.4	Probengefäße, Konservierung und Haltbarkeit der Proben	21
3.4.1	Probengefäße	21
3.4.2	Probenvorbehandlung und -konservierung, Haltbarkeit	22
3.5	Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen	23
3.6	Passive Probenahmeverfahren	23
3.7	Dokumentation	24
3.8	Plausibilitätskontrollen	25
<b>4</b>	<b>Direct-Push-Verfahren</b>	<b>26</b>
4.1	Erkundung durch hydrogeologische und schadstoffdetektierende Sonden	26
4.2	Grundwasserentnahme	27
4.3	Qualitätssicherung, Dokumentation	27
<b>5</b>	<b>Entnahme von Oberflächenwasserproben</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Entnahme von Bodensickerwasserproben</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Analytik von Wasserproben</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>29</b>
	<b>Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>32</b>
	<b>Anhang 2: Checkliste zur Qualitätssicherung (Wasserprobenahme)</b>	<b>33</b>
	<b>Anhang 3: Muster-Messstellenpass für Grundwassermessstellen</b>	<b>35</b>
	<b>Anhang 4: Muster-Probenahmeprotokoll für Grundwasser</b>	<b>37</b>

# 1 Allgemeine Hinweise

## 1.1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt enthält Vorgaben und Hinweise für die fachgerechte Probenahme und Untersuchung von Gewässern, insbesondere Grundwasser, bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen.

Voraussetzung für aussagekräftige Untersuchungsergebnisse sind repräsentative Proben. Für diese Probenahmen kommen i. d. R. Grundwassermessstellen in Frage. Fehler beim Messstellenbau und bei der Probenahme können zu nicht repräsentativen Proben und damit zu falschen Ergebnissen und Bewertungen führen. Dieses Merkblatt soll durch einheitliche Vorgaben zur Errichtung von Messstellen, zur Entnahme von Proben und zu deren Untersuchung die Vergleichbarkeit, Reproduzierbarkeit und Aussagekraft von Untersuchungsergebnissen verbessern.

## 1.2 Qualitätssicherung

Sachverständige und Untersuchungsstellen, die Aufgaben nach dem BBodSchG wahrnehmen, müssen gemäß § 18 BBodSchG bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Die entsprechende Zulassung nach der Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbearbeitung in Bayern (VSU) erfolgt durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU). Nach § 18 BBodSchG zugelassene Sachverständige und Untersuchungsstellen sind auf der Internetseite [www.resymesa.de](http://www.resymesa.de) bekannt gegeben.

Im Rahmen der Amtsermittlung sind von den Wasserwirtschaftsämtern ausschließlich nach § 18 BBodSchG zugelassene Sachverständige und Untersuchungsstellen zu beauftragen.

Das LfU empfiehlt zur Gewährleistung einer hinreichenden Qualitätssicherung und damit eines effizienten und zügigen Verfahrens auch in den übrigen Verfahrensschritten (Detailuntersuchung, Sanierungsuntersuchung, Sanierungsplanung, Sanierung, Eigenkontrollmaßnahmen) nach § 18 BBodSchG zugelassene Sachverständige und Untersuchungsstellen zu beauftragen. Die zuständige Bodenschutzbehörde kann dies nach § 9 Abs. 2 Satz 2, § 13 Abs. 2 und § 15 Abs. 2 Satz 5 BBodSchG von der bzw. dem Pflichtigen verlangen.

Gemäß § 14 VSU muss eine Untersuchungsstelle definierte personelle und gerätetechnische Voraussetzungen und die in Anlage 2 der VSU ausgeführten Anforderungen erfüllen. Das Fachmodul Boden und Altlasten definiert im Teil III Untersuchungsteilbereiche, für die eine Zulassung erteilt werden kann.

Zugelassene Untersuchungsstellen sind verpflichtet, im gesetzlich geregelten Bereich ausschließlich Verfahren routinemäßig anzuwenden, die in der individuellen Verfahrensliste (Anlage des Zulassungsbescheids) aufgeführt sind.

Die für die Zulassung der Teilbereiche 1.1, 2.1 bzw. 3.1 (Probenahme- und Vor-Ort-Untersuchungen) erforderliche gerätetechnische Mindestausstattung ergibt sich aus dem Fachmodul Boden und Altlasten, Anhang 3. Die fachlichen Anforderungen an die Entnahme von Wasserproben werden durch das vorliegende Merkblatt konkretisiert.

Als Hilfsmittel zur Überprüfung, ob die Anforderungen an eine qualitätsgesicherte Probenahme eingehalten werden, wird die Checkliste im Anhang 2 empfohlen.

Hinweise für die Vergabe von Leistungen durch die Verwaltung im Rahmen der Amtsermittlung bei der Orientierenden Untersuchung, also auch bezüglich der Probenahme, enthält das Merkblatt 3.8/2.

## 2 Errichtung, Betrieb und Rückbau von Grundwassermessstellen

Für die Gewinnung von Grundwasserproben werden im Regelfall Grundwassermessstellen (GWM) errichtet. Auf die Anzeigepflicht von Bohrungen nach § 49 WHG i. V. m. Art. 30 BayWG wird hingewiesen. Zuständig ist die Kreisverwaltungsbehörde, Fachbehörde das örtlich zuständige Wasserwirtschaftsamt. Weitere Ausführung zur Anzeigepflicht finden sich im Merkblatt 3.8/4.

Die Errichtung, der Betrieb und der Rückbau von GWM im Bereich von (möglichen) Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen ist i. d. R. wasserrechtlich zu behandeln, da hier regelmäßig die Besorgnis einer nachteiligen Auswirkung der Grundwasserbeschaffenheit gegeben ist. Die wasserrechtlichen Benutzungstatbestände richten sich nach § 9 WHG. Die Erforderlichkeit einer entsprechenden Erlaubnis nach § 8 WHG i. V. m. Art. 15 BayWG ist zu beachten.

Maßgeblich für den Untersuchungserfolg ist die fachgemäße Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse sowie der Verunreinigungssituation des Standorts. Auf dieser Basis legt der i. d. R. nach § 18 BBodSchG zugelassene Sachverständige die Lage und Tiefe der Bohrungen fest. Die Errichtung sowie die Überprüfung, Sanierung und der Rückbau von Grundwassermessstellen sind von Bohrunternehmen durchzuführen, die als Fachbetrieb nach DVGW W 120-1 zertifiziert sind oder eine vergleichbare Qualifikation nachweisen können. Bei Bohrunternehmen, die eine entsprechende Qualifikation nicht nachweisen können, ist die Bauleitung durch ein hydrogeologisch arbeitendes Fachbüro (z. B. durch Sachverständige nach § 18 BBodSchG, Sachgebiet 2) wahrzunehmen. Bei den Arbeiten sind die Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften zu beachten. Nähere Ausführungen hierzu sind der DGUV Regel 101-008 (bisher BGR 161) „Arbeiten im Spezialtiefbau“ (DGUV 2006) zu entnehmen.

Bei nicht eindeutigen oder unbekanntem hydrogeologischen Verhältnissen sind ggf. geeignete Voruntersuchungen (z. B. Aufschlussbohrungen, geophysikalische Untersuchungen) erforderlich, um die Grundwassermessstellen optimal zu planen bzw. zu platzieren. Dennoch kann es notwendig sein, die ersten Grundwassermessstellen nach Auswertung der hydrogeologischen und hydrochemischen Daten später und ggf. schrittweise durch zusätzliche Messstellen zu ergänzen.

Die nachfolgenden Erläuterungen geben grundlegende Hinweise zur Vorgehensweise bei der Errichtung von Grundwassermessstellen unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Ausführlichere Informationen, auch zu speziellen Problemstellungen, können unter anderem der im Kap. 8 zusammengestellten Literatur entnommen werden.

Für den Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen ist vor allem die Technische Regel DVGW W 121 in Verbindung mit der Technischen Regel DVGW W 123 einschlägig.

### 2.1 Lage und Anzahl

Lage und Anzahl der Grundwassermessstellen sind abhängig von der Untersuchungsphase, dem Untersuchungsziel und dem Kenntnisstand. Die Grundsätze der Untersuchungsstrategie sind im Merkblatt 3.8/1 erläutert.

Zur Erfassung der **Schadstoffkonzentrationen im unmittelbaren Grundwasserabstrom** von Verdachtsflächen bzw. Kontaminationszentren kann eine Grundwassermessstelle ausreichend sein, wenn es sich um kleinräumige Kontaminationen handelt und ausreichende Kenntnisse zur Grundwasserfließrichtung vorliegen. Ist Letzteres nicht der Fall, sind im Umfeld der zu bewertenden Fläche mindestens drei Grundwassermessstellen zu errichten. Die Grundwasserfließrichtung ist im Rahmen einer Stichtagsmessung zu ermitteln. Dabei ist sicherzustellen, dass die Grundwassermessstellen im selben Grundwasserleiter verfiltert sind.

Bei **komplexen Grundwasserverunreinigungen** und zur **Ermittlung der räumlichen Ausdehnung von Grundwasserkontaminationen** sind generell mehrere Grundwassermessstellen zu errichten. Deren Lage

richtet sich nach den hydrogeologischen Gegebenheiten. Im Rahmen der Detailuntersuchung sollte eine lückenlose Erfassung der Grundwasserabstrombreite durch überlappende Entnahmebereiche erreicht werden. Eine Anordnung der Grundwassermessstellen entlang einer oder mehrerer Kontrollebenen senkrecht zur Grundwasserfließrichtung ist dabei zweckmäßig. Bei der Anordnung sind die schadstoff- und untergrundabhängigen Fahnenlängen zu beachten. In der Praxis kann aber oft nur ein Teil der Grundwasserabstrombreite erfasst werden.

Sind **Immissionspumpversuche** geplant, die bei komplexen Schadensfällen (mehrere Schadstoffquellen, unterschiedliche Schadstoffe, inhomogener Untergrund) eine integrale Untersuchung der Schadstoff-fahne ermöglichen, ist die Erfassung der Fahne auf Höhe der Kontrollebene anzustreben.

Werden Ergebnisse aus Grundwasseruntersuchungen zur **Ermittlung der Sickerwasserkonzentration** am Ort der Beurteilung (im Sinn der BBodSchV) verwendet, sollte sich die Lage der dazu herangezogenen Messstellen im Zentrum oder unmittelbaren Abstrom des Kontaminationszentrums befinden.

## 2.2 Ausbaudurchmesser

Der Ausbaudurchmesser (Innendurchmesser) von Grundwassermessstellen zur chemisch-physikalischen Untersuchung des Grundwassers soll mindestens einer Nennweite (Diameter Nominal) von DN 100 (4 Zoll) entsprechen. Als Standard wird ein Ausbaudurchmesser von DN 125 (entspricht 5 Zoll) (DVGW W 121) empfohlen, bei Grundwassermessstellen zur Grundwassersanierung von mindestens DN 150 (entspricht 6 Zoll).

Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern, meist **2-Zoll-Grundwassermessstellen**, werden je nach Zielsetzung auch als temporäre Grundwassermessstellen bezeichnet. Näheres dazu findet sich in Kap. 2.8.

## 2.3 Bohrdurchmesser

Der Bohrdurchmesser richtet sich nach den hydrogeologischen Verhältnissen (Porengrundwasserleiter, Kluft-/Karstgrundwasserleiter) sowie dem geplanten Ausbaudurchmesser der Grundwassermessstelle. Dabei ist der Außendurchmesser des Ausbaurohres über der Muffe maßgeblich.

Der Bohrdurchmesser ist so zu wählen, dass eine sachgerechte Verfüllung und Abdichtung des Ringraums (Raum zwischen Bohrlochwand und Einbaurohren) ermöglicht wird. Insbesondere bei tiefen Grundwassermessstellen sollte der Filterkies über Schüttleitungen eingespült werden, wofür ein Mindestenddurchmesser der Bohrung von 400 mm vorzusehen ist. Bei Einbau eines Sperrrohres und/oder Fortsetzen der Bohrung in tiefer gelegene Grundwasserleiter bzw. -stockwerke sind für die ersten Bohrab-schnitte entsprechend größere Bohrdurchmesser zu wählen.

## 2.4 Bohrtiefe

Bei der Festlegung der Bohrtiefe ist der niedrigste anzunehmende Grundwasserstand zu berücksichtigen. Die Bohrungen sind bei geringmächtigen Grundwasserleitern möglichst bis zur Grundwassersohle abzuteufen.

Bei Verdacht auf **Schadstoffe in Phase an der Grundwassersohle (DNAPL)** ist in Absprache mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt zu entscheiden, bis zu welcher Tiefe die Bohrungen im Bereich der Grundwassersohle reichen und wie der spätere Ausbau erfolgen soll.

Sind dagegen die **höchsten Schadstoffkonzentrationen im obersten Bereich des Grundwasserleiters** zu erwarten, kann die Bohrtiefe reduziert werden. Die Bohrtiefe unterhalb des niedrigsten anzunehmenden Grundwasserspiegels sollte mindestens fünf Meter betragen, sofern die Mächtigkeit des Grundwasserleiters dies ermöglicht.

Bei der Erkundung des obersten Grundwasserleiters darf die schwer durchlässige **Deck- oder Trennschicht an der Basis** nicht durchbohrt werden. Ein Abteufen in tiefere Grundwasserleiter bzw. -stockwerke darf nur nach sorgfältiger Abwägung erfolgen, wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein Stofftransport dorthin bereits erfolgt ist (z. B. bei Vorliegen von DNAPL in Phase an der Sohle des obersten Grundwasserleiters). Dies gilt auch für hydraulisch und hydrochemisch abgrenzbare Grundwasserstockwerke (insbesondere Tiefengrundwasser), auch wenn keine eindeutigen Trennschichten vorhanden sind.

Ist das Erbohren eines tieferen Grundwasserleiters notwendig, muss ein **hydraulischer Kurzschluss** mit dem darüber liegenden Grundwasserleiter durch entsprechende Abdichtungen ausgeschlossen werden. Insbesondere im Bereich hoch kontaminierter Bohrstandorte darf bei Vorliegen der o. g. Voraussetzungen das tiefer gelegene Grundwasserstockwerk bzw. der tiefere Grundwasserleiter erst nach Setzen einer entsprechenden Abdichtung (z. B. Sperrrohr und Zementierung) angeschnitten werden.

Bei Unklarheiten, unvorhergesehenen Ereignissen oder wenn Deck- bzw. Trennschichten versehentlich durchbohrt wurden, sind unverzüglich zur Abstimmung des weiteren Vorgehens die Kreisverwaltungsbehörde und das Wasserwirtschaftsamt zu informieren. I. d. R sind entsprechende Vorgaben im Wasserrechtsbescheid enthalten.

## 2.5 Bohrverfahren

Grundsätzlich sind nur **Trockenbohrverfahren** anzuwenden. Wenn die Untergrundbeschaffenheit nicht in ausreichendem Maße bekannt ist, sind Kernbohrungen, ggf. mit horizontweiser und schichtbezogener Beprobung und Untersuchung der Bohrkern, vorzunehmen.

Sind **Spülbohrungen** unvermeidlich, so ist als Spülflüssigkeit nur Wasser in Trinkwasserqualität (d. h. auch ohne Spülzusätze) zu verwenden. Zu einzelnen Bohrverfahren wird auf das Merkblatt 3.8/4 sowie ergänzend auf DVGW W 115 verwiesen.

Um Verschleppungen zu vermeiden, dürfen nur gereinigte Bohrgeräte verwendet werden. Es muss sichergestellt sein, dass durch die Bohrungen keine Schadstoffverfrachtungen in den Untergrund stattfinden können.

## 2.6 Bohrproben

Die Bodenprobenahme ist nach dem Merkblatt 3.8/4, die Untersuchung der Bodenproben nach den Anforderungen im Merkblatt 3.8/5 durchzuführen.

## 2.7 Ausbau

Neben den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen und der jeweiligen Fragestellung richtet sich der Ausbau einer Grundwassermessstelle insbesondere nach den örtlichen Gegebenheiten (z. B. Nutzung des Geländes) und der stofflichen Belastung im Boden und Grundwasser.

Die Ausbauverrohrung muss beständig sein gegen mechanische Beanspruchung (z. B. beim Einbau oder durch Gebirgsdruck) und chemisch-physikalische Einflüsse (z. B. Schadstoffangriff). Im Normalfall sind Verrohrungen aus PVC oder PE-HD üblich. Bei verstärktem chemischem Angriff werden PE-HD-, für extreme Anwendungen PTFE- (wie z. B. Teflon<sup>TM</sup>, nicht bei Probenahmen für eine Analytik von PFAS) oder Edelstahlrohre empfohlen. Weitere Informationen zu möglichen Wechselwirkungen zwischen (Schad-) Stoffen und Ausbaumaterialien enthalten LUBW (1997) und DVWK M20 (1990).

Beim Ausbau von Grundwassermessstellen ist zwischen einer vollständigen Verfilterung und einer tiefenorientierten Verfilterung zu unterscheiden.

**Tiefenspezifisch einfach verfilterte Grundwassermessstellen** sollen bevorzugt errichtet werden, um gezielt bestimmte Tiefenbereiche zu beproben. Dies ist beispielsweise im Rahmen der Detailuntersuchung

bzw. Sanierungsuntersuchung der Fall. Sollen verschiedene Tiefenbereiche beprobt werden, sind einzelne Grundwassermessstellen mit Filterstrecken in den jeweiligen Tiefenbereichen (Messstellengruppe, kein Messstellenbündel) zu errichten. Hinweise zu den verschiedenen Ausbauvarianten enthält Kap. 2.7.3.

Vollständig verfilterte Grundwassermessstellen erlauben in erster Linie eine tiefenintegrierte Aussage zur Grundwasserbeschaffenheit. Hinweise zur tiefenorientierten Beprobung vollständig verfilterter Grundwassermessstellen sind in Kap. 3.5 aufgeführt. Nachteilig ist diese Ausbauvariante aus folgenden Gründen:

- Wenn horizontbezogene Konzentrationsunterschiede von Schadstoffen bestehen, werden diese i. d. R nicht erkannt. Eine tiefenorientierte Beprobung des Grundwassers ist nur unter Zuhilfenahme spezieller Probenahmesysteme und -techniken möglich. Eine tiefenspezifische Probenahme ist nicht möglich (vgl. DVGW W 112).
- Es besteht zudem die Gefahr der Verschleppung von Schadstoffen in andere Horizonte im Zuge der Probenahme.
- Sind vertikale Druckgradienten vorhanden (z. B. durch deutliche Unterschiede der hydraulischen Durchlässigkeit innerhalb eines Grundwasserleiters oder unterschiedliche Stoffdichten), kann es zu einer permanenten Durchströmung des verfilterten Abschnitts mit entsprechender Stoffverlagerung kommen. Es besteht die Gefahr einer Schadstoffverschleppung bzw. einer Vergrößerung des Grundwasserschadens. Dies ist vor allem bei einem abwärts gerichteten Gradienten problematisch.

Aus diesen Gründen sollten vollständig verfilterte Grundwassermessstellen nur ausgeführt werden,

- bei geringmächtigen und homogenen Grundwasserleitern.
- bei inhomogenem Untergrundaufbau nur, wenn in der Bohrung keine Vertikalströmungen zu erwarten sind bzw. gemessen wurden. Mit vertikalen Druckgradienten ist beispielweise zu rechnen, wenn sich die hydraulische Durchlässigkeit zwischen zwei Bereichen des Grundwasserleiters deutlich unterscheidet (mehr als zwei Größenordnungen).
- wenn aufgrund des Schadstoffinventars nicht mit einem, durch höhere Stoffdichten induzierten, Transport über die Messstelle in tiefere Schichten zu rechnen ist.

Die Filterstrecken sollten aus den o. g. Gründen eher kurz gehalten werden (nach DVGW W 121 i. d. R. zwei bis fünf Meter).

Grundsätzliche Vorgaben zum Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen sind in DVGW W 121 aufgeführt.

### 2.7.1 Filterstrecken

Die Filterstrecken einer Grundwassermessstelle sind so einzurichten, dass

- nur ein Grundwasserleiter erfasst wird (Ausschluss hydraulischer Kurzschlüsse),
- Grundwasserleiter mit unterschiedlichen chemischen und hydraulischen Eigenschaften getrennt erfasst werden, selbst wenn keine gering durchlässige Schicht zwischen ihnen liegt,
- mögliche Schadstoffansammlungen (DNAPL) an der Grundwassersohle erfasst werden,
- bei großen Aquifermächtigkeiten der für die Verunreinigung relevante Abschnitt erschlossen wird. Ggf. sind Messstellen für unterschiedliche Tiefenabschnitte zu errichten (Messstellengruppen). Dabei muss ausgeschlossen sein, dass sich Phasen von DNAPL bilden bzw. vorliegen können (siehe auch Kap. 2.4),

- keine Vertikalströmungen in der Messstelle entstehen, die zu einer Verlagerung der Schadstoffe führen,
- bei nicht gespannten Grundwasserleitern der Filter bis einen Meter über dem höchsten anzunehmenden Grundwasserstand reicht, um evtl. aufschwimmende Schadstoffphasen (LNAPL) und oxidisch gebundene bzw. adsorbierte Schadstoffe zu erfassen. Ist die Höhenlage des Grundwasserspiegels vor der Bohrung nicht genau bekannt, ist in der Bohrung der Ruhewasserspiegel eindeutig zu bestimmen und für die Festlegung der Filterstrecke mit einem ausreichenden Sicherheitszuschlag zu versehen (d. h., es ist bei den Bohrarbeiten eine entsprechende Wartezeit einzuplanen, bis sich der Ruhewasserspiegel eingestellt hat). Ist aufgrund von Voruntersuchungen mit einer großen Mächtigkeit aufschwimmender Schadstoffphasen zu rechnen, sind für deren Beprobung ggf. gesonderte Messstellen einzurichten. Kann das Vorliegen einer aufschwimmenden Schadstoffphase ausgeschlossen werden, soll die Filteroberkante zwei Meter unterhalb des bei Absenkung zu erwartenden Grundwasserspiegels liegen, um nachteilige Veränderungen der Messstelle in diesem Bereich zu vermeiden,
- bei gespanntem Grundwasser die Filterstrecke auf den Grundwasserleiter zu beschränken ist.

### 2.7.2 Vollrohrstrecken

Vollrohrstrecken sind einzubauen:

- im Bereich zwischen Geländeoberkante (GOK) und einer Tiefe von mindestens 1,5 Meter, um die Bohrung wirkungsvoll gegen den Zutritt von Oberflächenwasser zu sichern,
- beim Erschließen tieferer Grundwasserstockwerke im Bereich zwischen GOK und Unterkante der Grundwasserüberdeckung des zu erschließenden Grundwasserstockwerks,
- bei gespanntem Grundwasser bis an den zu erschließenden Grundwasserleiter (Deckfläche).

Der Ausbau erfolgt i. d. R mit PVC-Bodenkappe. Auf den Einbau eines **Sumpfrohres** ist zu verzichten, da sich dort Schadstoffe anreichern können (z. B. DNAPL), die möglicherweise eine Untersuchung des Grundwassers beeinflussen.

### 2.7.3 Ausbauvarianten

Bei Hinweisen auf eine ungleichmäßige vertikale Verteilung von Schadstoffen im Grundwasser können durch den Bau spezieller Messstellen bzw. durch spezielle Entnahmetechniken (siehe Kap. 3.5 „Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen“) bestimmte Tiefen(-horizonte) beprobt werden.

Die Technische Regel DVGW W 112 beschreibt Ausbauvarianten für die **Entnahme von tiefenspezifischen bzw. tiefenorientierten Proben** aus Messstellen bei verschiedenen Fragestellungen. Im Einzelnen handelt es sich dabei um

- **Messstellengruppen** (mehrere Messstellen in getrennten Bohrungen mit unterschiedlich tiefen Filterbereichen) erlauben eine tiefenspezifische Probenahme.
- **mehrfach verfilterte Messstellen** (Messstellen mit mehreren, durch Vollrohrstrecken und Ringraumabdichtung hydraulisch getrennte Filterbereiche). Bei diesen Messstellen können die gleichen Probleme mit Vertikalströmungen auftreten, wie bei vollständig verfilterten Messstellen. Die zu Beginn des Kap. 2.7 beschriebenen Einsatzbeschränkungen sind entsprechend zu beachten. Es besteht die Möglichkeit, durch spezielle Packersysteme tiefenorientierte Beprobungen durchzuführen. Eine tiefenspezifische Probenahme ist aber i. d. R nicht möglich.

- **Messstellenbündel** (mehrere Messstellen, die in einem Bohrloch eingerichtet, jedoch in unterschiedlichen tiefen Bereichen verfiltert sind). Wegen der schwierig einzubauenden Abdichtungen und der damit verbundenen Gefahr hydraulischer Kurzschlüsse sind diese für die Altlastenerkundung nicht geeignet.
- **Sondermessstellen** (z. B. Messstellen mit stationär eingerichteten Entnahme- oder Anreicherungs-techniken).

Um die Verschleppung von Schadstoffen beim Bau der Messstelle, beim Betrieb und bei der Probenahme weitestgehend auszuschließen sind Messstellengruppen zu bevorzugen. Andere Ausbaupvarianten kommen nicht bzw. nur im begründeten Einzelfall in Frage.

#### 2.7.4 Ringraum

Für die Ringraumverfüllungen gelten die Anforderungen der Technischen Regel DVGW W 121 sowie DIN 4924 und DVGW W 113. Zu beachten ist, dass die eingesetzten Materialien chemisch inert und physikalisch stabil gegenüber der möglichen Grundwasserkontamination sind. Dichtstrecken sind besonders sorgfältig einzubauen, um eine Verschleppung von Schadstoffen durch die Veränderung des hydraulischen Potentials bei der Probenahme aber auch im Ruhezustand auszuschließen.

Das Volumen der geplanten Verfüllstrecken kann mit den Angaben in Tab. 1 abgeschätzt werden.

Tab. 1: Füllmengen (Liter pro Bohrmeter) für verschiedene Innenrohrdurchmesser (DN bzw. Zoll) \* bei gängigen Bohrdurchmessern (mm)

	300 mm	311 mm	318 mm	368 mm	419 mm
<b>DN 125</b> (5 Zoll)	55	61	64	91	123
<b>DN 150</b> (6 Zoll)	-	-	-	85	117
<b>DN 200</b> (8 Zoll)	-	-	-	-	102

\*) Außenrohrdurchmesser (abhängig von Wandstärke des Rohres) = Innenrohrdurchmesser + ca. 2 \* 7,5 mm

Bei anderen Bohrdurchmessern lässt sich die Füllmenge nach folgender Formel abschätzen:

Füllmenge [Liter/Bohrmeter] =  $[(\frac{1}{2} * \text{Bohrdurchmesser [mm]})^2 - (\frac{1}{2} * \text{Außenrohrdurchmesser [mm]})^2] * \pi / 1000$ , wobei Kreiszahl  $\pi \approx 3,14$

#### 2.7.5 Messstellenabschluss

Die Anforderungen an den Messstellenabschluss sind in der Technischen Regel DVGW W 121 und der DIN 4944 ausführlich beschrieben.

Die Art des Messstellenabschlusses (Über- oder Unterflur) richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen.

Eine dauerhafte Beschriftung mit der Messstellenbezeichnung erleichtert das sichere Identifizieren der Messstelle.

#### 2.7.6 Klarpumpen

Die Messstelle ist solange ggf. mit intermittierendem Pumpbetrieb abzupumpen, bis das geförderte Grundwasser keine Trübstoffe mehr enthält (Feststoffgehalt < 2 ml/m<sup>3</sup>). Weitere Hinweise zum Klarpumpen von Messstellen finden sich in DVGW W 121 und DVGW W 119. Beim Klarpumpen ist der Volumenstrom so zu wählen, dass die hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters in der Umgebung der Messstelle nicht verändert werden.

Schadstoffbelastetes Wasser ist aufzufangen und/oder ggf. nach entsprechender Behandlung schadlos abzuleiten bzw. zu entsorgen (siehe auch Kap. 3.3.6).

Nach dem Klarpumpen ist der Ruhewasserspiegel in Zentimeter-Genauigkeit (bezogen auf Normalhöhen-Null (NHN) nach dem Deutschen Haupthöhennetz (DHHN2016)) einzumessen und zu protokollieren.

### 2.7.7 Einmessen und Dokumentieren der Bohrungen und Messstellen

Für eine neu errichtete Grundwassermessstelle ist mindestens folgender Datenbestand zu dokumentieren (Messstellenpass):

- Gemarkung, Flurstück, Eigentümer
- Topografische Karte M = 1 : 25.000 (Auszug mit Angabe der Blatt-Nr.) einschließlich Zufahrtswege
- Detaillageplan (aktueller Flurplan des Vermessungsamtes, M = 1 : 1.000 oder genauer)
- UTM-Koordinaten mit Angabe der Art der Koordinatenermittlung sowie der Genauigkeit
- Genaue Bezeichnung und Beschreibung des Messpunktes, von dem aus der Abstich der Grundwasserstände durchgeführt wird – i. d. R. Rohroberkante bei geöffneter Verschlusskappe. Der Messpunkt sollte farbig markiert sein.
- Höhe des Messpunktes für die Messung der Grundwasserstände in Meter über NHN nach DHHN2016. Bei der Einmessung ist von einem amtlich festgesetzten Höhenfestpunkt (Status 160) auszugehen, der beim örtlichen Vermessungsamt zu erfragen ist. Steht im Einzelfall kein amtlicher Höhenfestpunkt zur Verfügung, kann ausnahmsweise auch ein anderer Bezugspunkt (NHN oder Meter über NN) verwendet werden. Die Einmessung ist sachgerecht durch Rückschluss (Rückmessung) auf den Bezugspunkt vorzunehmen und zu dokumentieren.
- Schichtenverzeichnis nach DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14688-2, DIN EN ISO 14689, zeichnerische Darstellung des Bohrprofils nach DIN 4023
- maßstabsgerechter Ausbauplan der Grundwassermessstelle  
Anmerkung: Der Zusammenhang zwischen dem Bohr- und dem Ausbauprofil muss aus den Zeichnungen hervorgehen.
- Berichte aller durchgeführten Untersuchungen und Maßnahmen (hydraulische und geophysikalische Untersuchungen, Kamerabefahrungen, Klarpumpen, hydrochemische Erstuntersuchung, Abnahme nach VOB/B).

Hierzu kann der im Anhang 3 aufgeführte Muster-Messstellenpass verwendet werden, der zusätzlich weitere Daten für die Durchführung der Probenahme enthält (z. B. Ergebnisse der Erstcharakterisierung, siehe auch Kap. 2.10.2).

## 2.8 Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern

Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern (meist 2-Zoll-Grundwassermessstellen, je nach Zielsetzung auch als temporäre Grundwassermessstellen bezeichnet) eignen sich vorrangig zur Messung der Grundwasserstände, z. B. wenn die Grundwasserfließrichtung nicht bekannt ist oder Pumpversuche beobachtet werden sollen. Da wegen des geringen Durchmessers die Anbindung solcher Grundwassermessstellen an den Grundwasserleiter unzureichend ist, können daraus keine repräsentativen Grundwasserproben entnommen werden. Die Errichtung von 2-Zoll-Grundwassermessstellen zum Zweck der Grundwasserprobenahme sollte deshalb der Ausnahmefall bleiben. 2-Zoll-Grundwassermessstellen können Messstellen mit einem Regelausbau von DN 125 bzw. mindestens DN 100 (vgl. Kap. 2.2) nicht ersetzen.

Sollten in begründeten Fällen Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern erstellt werden, sind sie auf flache und homogen aufgebaute Grundwasserleiter des obersten Grundwasserstockwerks zu beschränken, da keine sichere Abdichtung von Trennschichten möglich ist. Eignungsprüfungen und Kontrolluntersuchungen in Anlehnung an die Regelwerke sind nur sehr eingeschränkt möglich bzw. nicht durchführbar.

Für die Grundwasserprobenahme kommen Grundwassermessstellen mit kleinen Durchmessern nur dann in Frage, wenn

- es sich um filterstabile Lockergesteine handelt, bei denen eine Mobilisierung von Feinkorn ausgeschlossen werden kann (z. B. Böden mit eng gestufter Sieblinie),
- bei Böden mit mobilisierbarem Feinkorn (z. B. bei weit gestuften Sieblinien) eine Filterkiesschüttung eingebracht wird und
- der Ausbau mit PVC- oder PE-HD-Rohren erfolgt (keine Rammfilterbrunnen mit Gewebefilter).

Der geringe verbleibende Abstand zwischen Pumpe und Voll- bzw. Filterrohr kann bei der Beprobung von 2-Zoll-Grundwassermessstellen zu Problemen führen (z. B. Verkeilen der Pumpe, nachteilige Beeinflussung der Strömungsverhältnisse im Bereich der Messstelle). Diese sind bei der Planung der Messstellen zu berücksichtigen.

Für Pumpversuche sind derartige Messstellen wegen der geringen erzielbaren Entnahmeraten ungeeignet. Durch zu hohe Entnahmeraten kann eine größere Grundwasserabsenkung in der Messstelle entstehen, die eine Veränderung der Strömungsbedingungen darstellt. Die Absenkung des Grundwasserspiegels bei der Probenahme ist so gering wie möglich zu halten (siehe z. B. Kap. 4.5.2 DIN 38402-13).

Aus nicht repräsentativen Grundwasserproben erhaltene chemische Untersuchungsbefunde sind für eine quantitative Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit i. d. R nicht geeignet. Auch trübe Proben sind nicht geeignet für die repräsentative Ermittlung der Konzentration von im Grundwasser gelösten Stoffen, da eine Unterscheidung zwischen Konzentrationen in der festen und der wässrigen Phase der Probe nicht möglich ist.

Für die Entnahme von repräsentativen Grundwasserproben zur laboranalytischen Untersuchung als Grundlage für die Gefährdungsabschätzung und für Sanierungsentscheidungen bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen sind nur Grundwassermessstellen mit einem Regelausbau von DN 125 bzw. mindestens DN 100 (vgl. Kap. 2.2) geeignet.

## 2.9 Übernahme von bestehenden Grundwassermessstellen

Die Eignung vorhandener Grundwassermessstellen muss anhand der Schichtverzeichnisse, der Ausbauprofile und bereits durchgeführter Funktionsprüfungen bewertet werden.

Fehlen Informationen zur Messstelle (vgl. Kap. 2.7.7), so sind diese durch geeignete Untersuchungen zu vervollständigen. Sind z. B. die Informationen zu Schichtenverzeichnis und Ausbauprofil unvollständig sollte der Messstellenausbau grundsätzlich durch geophysikalische Messungen (siehe DVGW W 110) und Kamerabefahrungen geprüft werden, da Grundwasseruntersuchungen sonst unter Umständen nur bedingt aussagekräftig sind.

Liegen keine Funktionsprüfungen vor, sind diese entsprechend durchzuführen (vgl. Kap. 2.10.3) und zu dokumentieren sowie ggf. mit einem geeigneten Pumpversuch (DVGW W 111) zu ergänzen. Hinweise zur Eignungsprüfung von bestehenden Messstellen gibt DVGW W 129. Auch eine Erstcharakterisierung der Messstelle nach DVGW W 112 (vgl. Kap. 2.10.2) kann erforderlich sein.

## 2.10 Überprüfung von Grundwassermessstellen

### 2.10.1 Kontrollen während des Baus

Während des Messstellenbaus sind laufende Kontrollen erforderlich. Dazu gehört die ständige Aufnahme des Bohrprofils nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689 einschließlich Informationen über die Hydrogeologie (z. B. Klüfte, Zuflussbereiche). Wird Grundwasser angetroffen, ist der Wasserstand stets zu ermitteln und zu dokumentieren. Auch zu Beginn jedes Bohrtages ist der Wasserstand zu dokumentieren. Falls erforderlich, sind geophysikalische Messungen und hydrochemische Untersuchungen im Bohrloch vorzunehmen (z. B. Ermittlung von Zuflussbereichen, Grundwassernichtleitern wie z. B. Tonhorizonten). Entsprechende Stillstandszeiten für den Bohrbetrieb sind bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen.

### 2.10.2 Abnahme und Erstuntersuchung nach Fertigstellung

Für die Abnahme ist die Messstelle durch eine Kamerabefahrung (siehe auch Schreiben Nr. 2.1/5) und ggf. geeignete geophysikalische Messungen (DVGW W 110) zu überprüfen (z. B. Nachweis der Lage eingebauter Dichtstrecken, Dichtheit der Aufsatzrohre und Rohrverbindungen). Durch Pump- bzw. Auffüllversuche ist nachzuweisen, dass die Messstelle hydraulisch an den Grundwasserleiter angebunden ist.

Verschiedene Prüfungen zur Abnahme von neu errichteten Grundwassermessstellen sind in DVGW W 121 erläutert.

Eine **Erstcharakterisierung der Grundwassermessstelle** ist nach DVGW W 112 durchzuführen und zu dokumentieren. Die hydrochemische Erstuntersuchung kann dabei mit Pumpversuchen kombiniert werden. Die Ergebnisse der Erstcharakterisierung (z. B. Zustromgebiet, Entnahmetiefe der Grundwasserprobe, Förderleistung und -dauer zur Erfüllung des hydraulischen Kriteriums) werden im Messstellenpass dokumentiert (Muster siehe Anhang 3) und zukünftigen Probenahmen zugrunde gelegt.

Zur **Ersterkundung der Grundwasserbeschaffenheit** ist jede Grundwassermessstelle auf die in Anhang 1, Tab. 3, Merkblatt 3.8/1 angegebenen Basisparameter zu untersuchen, um den geogenen Grundwassertyp und ggf. anthropogene Einflüsse erkennen zu können. Je nach vorliegenden Erkenntnissen ist auf weitere schadensfall- bzw. branchenspezifische (Leit-)Parameter (vgl. Anhang 1, Tab. 1 und 2, Merkblatt 3.8/1) zu untersuchen.

### 2.10.3 Routinekontrollen während des Betriebs

Die regelmäßige Kontrolle von Grundwassermessstellen ist im Merkblatt Funktionsprüfung an Grundwassermessstellen (Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung 2018) beschrieben. Zumindest ist bei der Probenahme durch Ausloten der Tiefe (ggf. Hinweis auf Verschlammung) und durch Protokollieren des Abpumpvorganges (Dauer des Pumpvorgangs und Absenkung des Wasserspiegels) der Zulauf und damit der hydraulische Zustand der Messstelle zu überprüfen.

Liegen Hinweise auf eine eingeschränkte Funktion der Messstelle vor, soll eine Untersuchung der Messstelle durch hydraulische Tests, eine Kamerabefahrung (Überprüfung des Ausbaus bzw. Erkennen von Schäden) und/oder mit geophysikalischen Bohrlochmessungen (Überprüfung der Lage und Wirksamkeit von Dichtungen) erfolgen. Eine Zusammenstellung und Bewertung von ausgewählten Untersuchungsverfahren für Bohrlöcher und Messstellen enthält das Arbeitsblatt DVGW W 110. Hinweise zur Eignungsprüfung von bestehenden Messstellen gibt DVGW W 129.

## 2.11 Sanierung und Rückbau von Grundwassermessstellen bzw. Bohrlochverfüllung

Schadhafte oder nicht mehr benötigte Grundwassermessstellen müssen entsprechend der hydrogeologischen Situation saniert oder fachgerecht rückgebaut werden. Damit soll die Ausbildung bevorzugter Fließwege im Bereich der Deckschichten und zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken bzw. -leitern unterbunden werden.

Die Sanierung und der Rückbau von Grundwassermessstellen sowie die Verfüllung von Bohrlöchern sind anzeige- und ggf. erlaubnispflichtig (vgl. Kap. 2). Bei der Ausführung sind die Vorgaben des wasserrechtlichen Bescheids zu beachten.

Detaillierte Hinweise zur Sanierung und zum Rückbau von Grundwassermessstellen sind im Arbeitsblatt DVGW W 135 enthalten.

Für den Rückbau von Grundwassermessstellen sollen nur die folgenden Maßnahmen angewandt werden:

- Entfernen der Ausbauperrohrung durch Ziehen ggf. nach Rohrschnitt, Ausräumen des Bohrlochs sowie Verfüllung
- Überbohren der Ausbauperrohrung, ggf. Ausräumen des Bohrlochs sowie Verfüllung
- Verfüllung (Ausnahmefall – nur, wenn verbleibende Wasserwegsamkeiten zu keiner nachteiligen Veränderung des Grundwassers führen können)

Als Verfüllmaterial kommt eine Zement-Bentonit-Suspension, in der gesättigten Zone auch ein stark quellender, granulierter Bentonit in Betracht.

### 3 Entnahme von Grundwasserproben

Ziel ist die Entnahme von repräsentativen Grundwasserproben für laboranalytische Untersuchungen. Geeignete Verfahren sind in einer Vielzahl an Normen, Richtlinien und Vorschriften beschrieben. Neben den folgenden Vorgaben und Hinweisen wird insbesondere auf die Ausführungen in der DIN 38402-13, dem LAWA AQS - Merkblatt P-8/2, dem Arbeitsblatt DVGW W 112 und dem dritten Teil der LAWA-Grundwasserrichtlinie (LAWA 1993) hingewiesen. Weitere einschlägige Vorschriften und Veröffentlichungen sind im Literaturverzeichnis in Kap. 8 zusammengestellt.

#### 3.1 Planung und Vorbereitung

Repräsentative Grundwasserproben werden i. d. R. aus Grundwassermessstellen mit einem Regelausbau von DN 125 bzw. mindestens DN 100 (vgl. Kap. 2.2) gewonnen. Im Einzelfall können auch Proben aus Brunnen, Quellen (gefasst oder ungefasst) sowie aus aufgedecktem Grundwasser (z. B. Baggerseen) weitere Hinweise geben. Die Probenahme aus aufgedecktem Grundwasser entspricht der Probenahme aus Oberflächenwasser (Kap. 5).

Grundwasserproben im Rahmen von Altlastenuntersuchungen sind immer so zu entnehmen, zu transportieren und zu lagern, dass zu nachfolgenden chemisch-physikalischen Untersuchungen eine für die jeweilige Fragestellung repräsentative Probe zur Verfügung steht. Die Probenahme ist daher durch qualifizierte Probenehmer, die entsprechend ausgebildet, eingearbeitet und regelmäßig geschult sind, durchzuführen (siehe Kap. 3.2 AQS - Merkblatt P-8/2). Hinweise und Anforderungen zur Beauftragung von nach § 18 BBodSchG zugelassenen Untersuchungsstellen bei der Altlastenerkundung sind den Ausführungen in Kap. 1.2 zu entnehmen.

Die Probenahme muss sorgfältig geplant und vorbereitet werden. Ein schriftlich ausgearbeiteter **Probenahmeplan** einschließlich Zielstellung und Vorgaben zur Qualitätssicherung ist der Dokumentation beizufügen. Generell ist die Art der vermuteten bzw. bekannten Kontaminationen zu berücksichtigen. Das gilt besonders bei Verdacht auf Schadstoffe in Phase.

Sind messstellentypische Vorgaben, z. B. aus einem **Messstellenpass** (Anhang 3), vorhanden, so sind diese ebenso wie Erfahrungen früherer Probenahmen, z. B. aus Probenahmeprotokollen (Anhang 4) zu berücksichtigen.

Um Schadstoffverschleppungen zu vermeiden, ist bei Altlasten die **Reihenfolge der Probenahmen**, soweit Kenntnisse vorangegangener Untersuchungen vorliegen, von der am geringsten belasteten bis zur höchstbelasteten Grundwassermessstelle festzulegen. Fehlen entsprechende Untersuchungsergebnisse, ist zunächst der Grundwasserzustrom von Kontaminationszentren zu beproben. Die Reihenfolge der beprobten Grundwassermessstellen ist zu dokumentieren, um bei Plausibilitätsprüfungen etwaige Verschleppungen nachvollziehen zu können.

Für eine repräsentative Beprobung muss das Probenahmepersonal über vollständige und aktuelle **Unterlagen** verfügen, aus denen alle wesentlichen Informationen ersichtlich sind:

- Ortsbeschreibung mit Fotos
- Lageplan der Messstellen mit Messstellenkennung (auch Brunnen, Quellen, Grundwasserblänken), ggf. Darstellung der Grundwasserfließrichtung
- Ausbaupläne der Messstellen (auch Brunnen, Quelfassungen) und Bohrprofile
- vorgesehener Umfang der Untersuchungen
- Probenahmeplan und detaillierte Arbeitsanweisung, einschließlich Arbeitsschutz
- Entsorgungs- bzw. Sammelmöglichkeit für kontaminiertes Grundwasser
- Ansprechpartner vor Ort

Bei der Probenahme an Probenahmestellen Dritter ist das Einverständnis des Betreibers oder des Grundstückbesitzers einzuholen. Bei Brunnen und Quellen der öffentlichen Wasserversorgung ist die Probenahme rechtzeitig vorher abzustimmen. Auf die Einhaltung der besonderen Hygienevorschriften wird hingewiesen. Die Probenahme selbst ist in Anwesenheit des Betriebspersonals durchzuführen. Die Probenahme aus Messstellen des Landesgrundwassermessdienstes darf nur in Abstimmung und mit dem Einverständnis des zuständigen örtlichen Wasserwirtschaftsamtes erfolgen. Einbauten (Schreiber, Druckmesssonden etc.) dürfen keinesfalls eigenmächtig entfernt werden.

Für die Probenahme ist je nach Erforderlichkeit Folgendes bereitzustellen und mitzuführen:

- Außendienstakte
- digitale oder analoge Probenahmeprotokolle (z. B. Muster-Probenahmeprotokoll in Anhang 4)
- Gerätschaften zum Auffinden (z. B. GPS-Gerät) der Probenahmestellen
- Schlüssel zum Öffnen der Probenahmestellen
- Stromaggregat
- saubere und funktionstüchtige Probenahmegerätschaften und Vor-Ort-Messgeräte (kalibriert bzw. kontrolliert) (siehe Kap. 3.2)
- gereinigte und im Hinblick auf die Untersuchungsparameter bzgl. Volumen und Material geeignete Probenahmegefäße in ausreichender Anzahl (siehe Kap. 3.4.1)
- Material zur Kennzeichnung der Probengefäße, z. B. wasserfeste Etiketten bzw. Stifte
- mit geeigneter Konservierungslösung vorgelegte Probengefäße und ggf. Chemikalien zur Konservierung (siehe Kap. 3.4.2)
- Vorrichtungen für weitere Probenvorbehandlung (z. B. Filtration)
- Wasser für Reinigungszwecke, ggf. Reinigungsmittel
- Kühlmöglichkeit (Kühlschrank, Kühlboxen mit Kühlelementen etc.) (siehe Kap. 3.4.2)
- Persönliche Schutzausrüstung
- Werkzeug und Verschleißteile zur Vor-Ort-Reparatur der Probenahmegerätschaften

Ferner ist das Probenahmefahrzeug vorzubereiten und die Bereitstellung von Entsorgungsmöglichkeiten für kontaminiertes Grundwasser einzuplanen (siehe Kap. 3.3.6). Für die Beladung des Fahrzeugs empfiehlt es sich, detaillierte Packlisten anzulegen. Um während der Beprobungskampagne alle notwendigen Einzelschritte zur qualitätsgesicherten Gewinnung von repräsentativen Grundwasserproben einhalten zu können, ist ein Zeitplan sinnvoll.

Vorgaben und Hinweise zum Arbeitsschutz sind unter anderem dem Merkblatt 3.8/2 zu entnehmen.

### **3.2 Entnahme- und Messgeräte**

Für die Entnahme von Grundwasserproben und die Untersuchung vor Ort sind dem Stand der Technik entsprechende Geräte vorzuhalten:

- Licht- bzw. Akustiklot, ggf. Tiefenlot, Phasenmessgerät
- Fördergeräte
  - Unterwasserpumpe (z. B. Tauchmotorpumpe mit Frequenzsteuerung) mit geeigneten Steigrohren (mit meterweiser Markierung zur genauen Positionierung)
  - Schöpfergeräte

- Messgeräte zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt und ggf. weitere physikalisch-chemische Kenngrößen)
- Durchflussmesszelle

I. d. R sind **Tauchmotorpumpen** (Verdrängerprinzip, z. B. Kreiselpumpe) zu verwenden, da sie bis in große Tiefen einsetzbar sind und Entgasungen weitgehend ausgeschlossen werden können. Die Volumenströme müssen möglichst stufenlos regelbar sein (z. B. mit Frequenzumrichter oder Phasenverschiebung), damit die Förderrate den (z. B. hydraulischen) Vor-Ort-Bedingungen angepasst werden kann.

**Saugpumpen** (z. B. Kolbenpumpen oder Schlauchquetschpumpen) dürfen aufgrund des Unterdrucks und der damit einhergehenden Verflüchtigung von gelösten Gasen (z. B. Kohlenstoffdioxid oder Sauerstoff) oder leichtflüchtigen organischen Stoffen (z. B. LHKW oder BTEX) im Allgemeinen bei Altlasten nicht eingesetzt werden.

**Schöpfproben** sind für die meisten Fragestellungen ungeeignet, da sie im Wesentlichen nur die direkt in der Grundwassermessstelle stehende Wassersäule erfassen. In Ausnahmefällen (z. B. bei gering ergiebigen Grundwasserleitern nach Abpumpen) sowie bei besonderen Fragestellungen (z. B. spezielle tiefenorientierte Probenahme) ist eine Probenahme auch mit einem Schöpfgerät möglich. Die Repräsentativität der geschöpften Probe ist immer zu hinterfragen. Schöpfer gewährleisten nur in Kombination mit einer Abpumpteknik und vorherigem Abpumpen die Entnahme repräsentativer Grundwasserproben. Weitere Hinweise hierzu finden sich z. B. im Arbeitsblatt DVGW W 112. Der Einsatz von Schöpfgeräten ist zu begründen und dokumentieren.

**Probenahmeschläuche** sind zum Abpumpen aus Grundwassermessstellen bei Altlasten nicht geeignet, da eine rückstandsfreie Reinigung praktisch nicht möglich ist. Nach dem Probenahmeabzug können jedoch Schläuche verwendet werden, da es hier zu keiner Beeinträchtigung der Grundwasserprobe kommen kann.

**Vor-Ort-Messgeräte** müssen regelmäßig überprüft bzw. kalibriert werden (Dokumentation mittels Zielwertkontrollkarten). Für jede Messgröße ist festzulegen, wie häufig die Funktionsprüfung der Geräte sowie die Kalibrierungen und die Überprüfungen zu erfolgen haben. Während der Probenahmetour sind die Vor-Ort-Messgeräte zusätzlich an jedem Probenahmeort durch eine Kontrollmessung mit einem unabhängigen Standard zu überprüfen. Die gerätespezifischen Angaben in den jeweiligen Bedienungsanleitungen sind zu berücksichtigen. Das Haltbarkeitsdatum der eingesetzten Standard-, Elektrolyt- und Reinigungslösungen darf nicht überschritten werden. Angebrochene Lösungen sind mit dem Öffnungsdatum zu beschriften. Soweit diese Lösungen nicht sofort nach Gebrauch verworfen werden, müssen sie in geeigneten Zeitintervallen ersetzt werden. Für jedes Messgerät ist ein Wartungsbuch zu führen.

Die verwendeten Werkstoffe dürfen keine analytisch relevanten Stoffe aus dem Wasser adsorbieren oder in die Probe abgeben. Die Gerätschaften müssen frei von Rückständen bzw. Kontaminationen aus vorherigen Probenahmen sein.

### 3.3 Durchführung

#### 3.3.1 Allgemeines

Folgende Punkte müssen vor der Probenahme überprüft und im Probenahmeprotokoll vermerkt werden:

- Veränderungen im Gelände und Auffälligkeiten in der Umgebung (Ablagerungen, Baumaßnahmen etc.)
- Zustand der Messstellen (beispielsweise beschädigtes Überflurrohr, fehlende oder undichte Verschlusskappe)

- Identität der Messstelle (vor allem durch Vergleich der vorhandenen Messstellenkennung mit Angaben in den Unterlagen, Abgleich mit Fotos, Tiefenlotung)

Weitere Hinweise finden sich in der Technischen Regel DVGW W 129, Tab. 1.

Auf die sorgfältige Durchführung der Probenahme ist zu achten. Eine Auswahl möglicher Fehlerquellen, die Einfluss auf die Repräsentativität der Grundwasserprobe haben können, wird im AQS - Merkblatt P-8/2, Anhang 1 dargestellt.

Wesentliche Fehlerquellen sind:

- Kontamination der Probe durch
  - ungeeignete Materialien (Gummidichtungen, Schläuche, Steigrohre aus ungeeigneten Materialien, Klebebänder etc.)
  - Verschleppungen (beispielsweise durch unzureichende Reinigung von eingesetzten Geräten, Gefäßen und Hilfsmitteln)
  - Querkontamination durch Konservierungskemikalien, Rückstände in Filtern, Berührung mit verschmutzten Handschuhen oder Händen
  - Einträge aus der Umgebungsluft (Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff, kontaminierte Umgebungsluft etc.), Abgasen (Stromaggregat oder Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren) oder ausgasende Hilfsmitteln (beispielsweise lösemittelhaltige Stifte)
  - Einträge aus der Umgebung (durch Bodenkontakt von Geräten, Steigrohren oder Gefäßen, gemeinsame Lagerung mit kontaminierten Proben, Staubniederschlag an unbefestigten Wegen oder an in Bearbeitung befindlichen, landwirtschaftlichen Flächen etc.)
- Verluste durch
  - Ausgasung leichtflüchtiger Inhaltstoffe beim Befüllen der Gefäße oder bei Verwendung nicht gasdichter Gefäße
  - Einsatz ungeeigneter Probenahmetechnik (beispielsweise Verlust von leichtflüchtigen Stoffen bei Verwendung von Saugpumpen) oder Sorption an Entnahmeggeräten oder Gefäßwandungen
- Veränderungen der Probe durch
  - chemische oder biochemische Reaktionen (unter anderem durch oxidierende bzw. reduzierende Vorgänge, mikrobiologische Aktivitäten, Ausfällungen, Unterbrechung der Kühlkette)

### 3.3.2 Ruhewasserspiegelmessung und Lotung

Vor der Entnahme von Grundwasserproben und dem Einbau der Pumpe ist eine Ruhewasserspiegelmessung mit einem Lichtlot in Zentimeter-Genauigkeit, bezogen auf Normalhöhen-Null (NHN) bzw. Meter unter Messpunkt (siehe Kap. 2.7.7), durchzuführen. Bei mehreren zu beprobenden Messstellen in einem Untersuchungsgebiet sollten die Ruhewasserspiegel in allen betroffenen Grundwassermessstellen vor Beginn der Probenahmekampagne (Stichtagsmessung) bestimmt werden. Die Entnahme von Grundwasserproben ist anschließend am gleichen Tag der Lotung durchzuführen.

Des Weiteren ist eine Lotung der Sohlentiefe der Grundwassermessstelle vor dem Einbau der Pumpe durchzuführen. Durch Vergleich mit der Ausbautiefe laut Ausbauplan oder den Angaben im Messstellenpass lässt sich eine mögliche Verschlammung an der Sohle der Messstelle erkennen. Außerdem können vor dem Einbau der Pumpe Hindernisse in der Messstelle festgestellt werden.

### 3.3.3 Abpumpen

Grundwasserproben sind i. d. R. durch Abpumpen (Tauchmotorpumpen) zu gewinnen. Die Volumenströme müssen stufenlos regelbar sein (z. B. Frequenzumrichter). Die Entnahme von Grundwasserproben mit Schöpferäten ist nur in Ausnahmefällen oder bei besonderen Fragestellungen zulässig und muss begründet und dokumentiert werden.

Bei Verdacht auf eine **aufschwimmende Phase**, z. B. aus Erkenntnissen bzw. nach organoleptischer Prüfung, ist zunächst mit einem Phasenmessgerät die Mächtigkeit der aufschwimmenden Phase festzustellen. Es sind Maßnahmen zum Schutz der Probenahmegerätschaften zu treffen (z. B. Schutzverrohrung, Abschöpfen der aufschwimmenden Phase in der Messstelle). Existiert eine aufschwimmende Phase, dann ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels durch eine angepasste Pumpenförderrate möglichst zu vermeiden.

Die **Einbautiefe der Pumpe** sollte im Zuge der Erstcharakterisierung bestimmt und im Messstellenpass dokumentiert werden. Wenn sich der Grundwasserspiegel deutlich oberhalb der Filteroberkante befindet, sollte die Pumpe unter Berücksichtigung der Absenkung so eingehängt werden, dass sich die Ansaugöffnung etwa einen Meter oberhalb der Filteroberkante befindet. Bei Grundwasserständen im Bereich der Filteroberkante oder darunter wird die Ansaugöffnung der Pumpe etwa ein bis zwei Meter unterhalb des erwarteten abgesenkten Grundwasserstands positioniert. Die Pumpe darf nicht im Bereich des Messstellenbodens (Mindestabstand der Pumpe zur Ausbautiefe ein Meter) oder in einem ggf. vorhandenen Sumpfrohr platziert werden, um eine Aufwirbelung von Trübstoffen zu vermeiden. Die Absenkung des Grundwasserspiegels sollte bei Porengrundwasserleitern nicht mehr als ein Drittel der Wassersäule bzw. maximal zwei Meter betragen. Die tatsächliche Einhängtiefe der Pumpe ist im Protokoll zu vermerken und der Grundwasserspiegel während der Abpumpphase zu beobachten und zu dokumentieren. Führt die eingestellte Förderrate der Pumpe zu einer zu starken Absenkung des Grundwasserspiegels, muss die Förderleistung der Pumpe soweit reduziert werden, bis sich zumindest nahezu konstante Verhältnisse eingestellt haben. Die Pumpenförderleistung muss während der Abpumpphase regelmäßig bestimmt und protokolliert werden.

Vor der Entnahme von Proben aus Grundwassermessstellen ist grundsätzlich so lange abzupumpen, bis das geförderte Wasser dem des umgebenden Grundwasserkörpers entspricht und nicht mehr durch die Messstelle beeinflusst ist. Der Zeitpunkt für eine repräsentative Probenahme liegt i. d. R. vor, wenn das **hydraulische Kriterium** erreicht ist. Die Berechnung des hierfür erforderlichen Abpumpvolumens ist in Kap. 6.3.2 der DIN 38402-13 beschrieben. Ggf. ist bei Einbau über der Filteroberkante das Standwasser in der Vollrohrstrecke unter der Pumpe hinzuzurechnen. Bei geklüfteten Festgesteins- bzw. Karstgrundwasserleitern ist das hydraulische Kriterium bzw. die Dauer einer bestimmten Förderleistung bis zur Probenahme auf Grundlage der bohrlochgeophysikalischen Messergebnisse und Pumpversuche für die Grundwassermessstelle individuell festzulegen.

Ergänzend kann das **hydrochemische Kriterium** herangezogen werden. Es ist erfüllt, wenn im geförderten Grundwasser die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert und die Temperatur während ca. fünf Minuten oder während des Abpumpens eines Wasservolumens von 50 l annähernd konstant sind (Änderungen bei der Leitfähigkeit bis 1 %, pH-Wert bis 0,1 pH-Einheiten, Temperatur bis 0,1 K, vgl. AQS - Merkblatt P-8/2). Im Bedarfsfall können weitere Parameter (z. B. quantitative Trübung, Redoxpotential) gemessen werden.

Da jede Messstelle eine eigene Charakteristik besitzt, ist der geeignete Entnahme-Zeitpunkt im Rahmen der Erstcharakterisierung über sogenannte chemische Pumpversuche (Kurzumpversuche z. B. über 24 Stunden) zu ermitteln. Detaillierte Hinweise hierzu enthält das Merkblatt 1.5/2.

Die bei der Erstbeprobung einer Grundwassermessstelle ermittelten hydraulischen und hydrogeochemischen Eigenschaften des Grundwasserleiters sowie die hinsichtlich der Zielstellung optimierten Probenahmeparameter (z. B. Einbautiefe der Pumpe, Förderrate, Pumpdauer) sind bei künftigen Beprobungen

zu berücksichtigen und in einem Messstellenpass (z. B. Muster-Messstellenpass in Anhang 3) zu dokumentieren (ggf. in Abstimmung mit der zuständigen Behörde).

Bei **gering ergebigen Grundwasserleitern** ist die anstehende Wassersäule mit minimaler Förderrate zumindest solange abzupumpen, bis eine Probe von möglichst frisch nachfließendem Grundwasser entnommen werden kann. Weitere Hinweise gibt Kap. 5.3.2 der DVGW W 112. Sofern keine repräsentative Probe gewonnen werden kann, ist dies zu dokumentieren und bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse zu berücksichtigen.

Bei **frei austretendem Grundwasser (Quellwasser, Hangwasser etc.)** erfolgt die Entnahme grundsätzlich über Schöpfproben unmittelbar an der Austrittsstelle. Bei sehr flachgründigen Wasseraustritten kann die Verwendung einer Ablaufrinne sinnvoll sein. Probenflaschen werden fallweise über Trichter (überstauter Trichter) oder durch direktes Eintauchen befüllt, sofern keine Konservierungsmittel vorgelegt wurden. Sekundärkontaminationen des Wassers sind dabei zu vermeiden und Arbeitsschutzaspekte (z. B. Schutzhandschuhe) zu berücksichtigen. Bei gefassten Quellen (vor allem der öffentlichen Wasserversorgung) ist die Probenahme meist nicht am Quellaustrittsort, sondern am Sammelschacht möglich. Münden dort mehrere Zuläufe, sollten diese getrennt beprobt werden. Inwieweit diese Zuläufe aus unterschiedlichen Quellzutritten gespeist werden, geht ggf. aus dem Fassungsplan hervor. Grundsätzlich ist die Beprobungssituation bei frei austretendem Grundwasser detailliert (inkl. Fotodokumentation) zu dokumentieren.

#### 3.3.4 Vor-Ort-Messungen

Bei jeder Probenahme sind die folgenden Parameter vor Ort zu bestimmen und zu protokollieren (vgl. auch Merkblatt 3.8/1):

- Organoleptische Prüfung
  - Färbung, Trübung, Geruch und ggf. Bodensatz (qualitativ)
- Physikalisch-chemische Parameter
  - Wassertemperatur
  - Elektrische Leitfähigkeit (mit Angabe der Bezugstemperatur!)
  - pH-Wert
  - ggf. Redoxpotential
- Gelöste Gase
  - Sauerstoff (Sauerstoffgehalt in mg/l oder Sauerstoffsättigung in %)
  - ggf. Kohlenstoffdioxid (Basekapazität bis pH 8,2 (KB 8,2))

Die physikalisch-chemischen Untersuchungsparameter vor Ort werden vorzugsweise in einer Durchflussszelle ermittelt. Dabei sollen die Messsonden in der Messzelle laminar angeströmt werden.

Die Messwerte der Vor-Ort-Parameter (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt) sind zudem während der Abpumpphase in regelmäßigen Zeitabständen zu dokumentieren. Hierdurch werden zeitliche Veränderungen der Wasserbeschaffenheit ersichtlich. Dabei sind computergestützte Systeme zur Optimierung des Entnahmezeitpunktes und zur Dokumentation zu empfehlen, die neben den Messwerten der Vor-Ort-Parameter auch weitere Informationen, wie z. B. die Höhe des Grundwasserspiegels oder die geförderte Wassermenge, aufzeichnen können.

#### 3.3.5 Abfüllen der Proben, Filtration

Es sind möglichst klare Wasserproben zu entnehmen. Beim Befüllen der Probengefäße müssen Einflüsse vermieden werden, die die Beschaffenheit der Probe verändern. Ein lang andauernder Kontakt der

Probe mit der Umgebungsluft ist zu vermeiden. Zudem ist beim Befüllen der Probengefäße darauf zu achten, dass der Eintrag von Luftsauerstoff in Form von Luftblasen minimiert wird. Daher sind die Probengefäße nicht direkt aus dem Hauptförderstrom, sondern unter Beibehaltung der eingestellten Pumpenförderleistung über einen Abzweig (Bypass; ggf. mit aufgestecktem Glas- oder PTFE-Rohr – letzteres nicht bei Untersuchung auf PFAS) mit geringerem Durchmesser möglichst luftblasenfrei zu befüllen.

Die Probengefäße sind vor dem Abfüllen der Probe mit dem geförderten Grundwasser zu spülen (siehe DIN EN ISO 5667-3). Sind Konservierungsmittel vorgelegt oder Partikel im Wasser enthalten oder werden stark adsorbierende Kontaminanten untersucht, ist ein Spülen zu unterlassen.

Zum **gasblasenfreien Abfüllen** in Probengefäße ohne vorgelegte Konservierungsmittel wird der Ablauf des Abzweiges (z. B. aufgestecktes dünnes Glas- oder PTFE-Rohr, Schlauchstück) in das Probengefäß bis kurz über den Gefäßboden eingetaucht und mit steigendem Meniskus berührungslos herausgezogen. Der Flascheninhalt soll kurz überlaufen, bevor die Flasche verschlossen wird. Enthält das zu beprobende Grundwasser ungelöste Stoffe, so ist ein Überlaufenlassen der Flaschen zu unterlassen, um eine mögliche Anreicherung suspendierter Partikel im Gefäß zu verhindern.

Proben, die auf **leichtflüchtige Verbindungen** (z. B. LHKW, BTEX) untersucht werden sollen, können vor Ort, in Absprache mit dem analytischen Labor und entsprechend den Angaben in den jeweiligen Normen, in Headspace-Gefäße gefüllt werden. Sollen Gefäße vollständig gefüllt werden, dann darf im geschlossenen Gefäß kein Dampfraum (keine Blase) enthalten sein.

Ist eine Probenvorbehandlung notwendig (z. B. Filtration von Proben für die Analyse auf Metalle), so erfolgt diese vor der Konservierung der Probe.

Für die **Bestimmung von Metallen** ist das geförderte Grundwasser immer vor Ort zu filtrieren (Membranfilter, Porenweite 0,45 µm) und anschließend anzusäuern. Sofern Metallkonzentrationen von unfiltrierten Proben ermittelt werden sollen, ist vor der Analyse ein Aufschluss entsprechend den gültigen Normen für die jeweiligen Elemente durchzuführen.

**Trübe Proben**, die auf hydrophobe organische Stoffe untersucht werden sollen, dürfen vor der Extraktion mit organischem Lösungsmittel nicht filtriert werden. Stattdessen sind sie im Labor zu zentrifugieren. Ansonsten kann es zu erheblichen Adsorptionsverlusten am Filtermaterial bzw. Minderbefunden wegen Eigenfiltration durch Aufbau eines Filterkuchens kommen.

Liegen Hinweise vor, dass erhöhte Mengen an Trübstoffen mit adsorbierten organischen Schadstoffen in der Probe auftreten, die nicht grundwasserleitergängig sind, empfiehlt sich eine Extraktion einer im Labor zentrifugierten Parallelprobe. Die Zentrifugation und Extraktion ist spätestens am Tag nach der Probenahme durchzuführen. Da insbesondere stark hydrophobe organische Stoffe (z. B. mehrkernige PAK und PCB) dazu neigen, an feste Oberflächen zu adsorbieren, können erhöhte Trübstoffgehalte in der Probe zu nicht-repräsentativen Überbefunden führen. Zur besseren Interpretation der Analysenergebnisse ist deshalb auch die quantitative Trübung (FNU = formazine nephelometric units) anzugeben.

Ob und ggf. wie Trübstoffe abgetrennt wurden, ist zu dokumentieren.

### 3.3.6 Entsorgung des Förderwassers

Generell ist das Vorgehen im Vorfeld mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Das abgepumpte Grundwasser ist so abzuleiten, dass die Probenahme nicht beeinflusst wird. Eine direkte Wiedereinleitung in das Grundwasser ist grundsätzlich nicht zulässig.

I. d. R. kann bei Probenahmen und Kurzpumpversuchen unbelastetes Grundwasser in ein oberirdisches Gewässer oder in die Kanalisation (Genehmigung des Kanalnetzbetreibers erforderlich) eingeleitet werden. Bei nachweislich unbelastetem Grundwasser ist auch eine Versickerung abstromig in einigen Metern Entfernung zur Entnahmestelle möglich.

Für gefördertes Grundwasser mit hohen Belastungen sind geeignete Auffangmöglichkeiten und Entsorgungswege (z. B. Tankwagen) oder Reinigungsmöglichkeiten (z. B. mobile Aktivkohle- oder mobile Stripp-Anlage) vorzusehen. Hierbei ist ggf. die Beauftragung einer zertifizierten Entsorgungsfirma sinnvoll. Die Reinigungsleistung von Anlagen ist zu überprüfen. Der Entsorgungsweg des geförderten Wassers ist zu dokumentieren.

### **3.3.7 Reinigung der Geräte**

Alle Geräte, insbesondere Pumpen und Steigrohre, sind nach jeder Probenahmekampagne (d. h. je Verdachtsfläche), im Einzelfall auch zwischen einzelnen Messstellenbeprobungen einer Verdachtsfläche, gründlich zu reinigen.

Zur Reinigung von Steigrohren können z. B. lange Flaschenbürsten in Verbindung mit Laborspülmittel und Leitungswasser verwendet werden. Möglich ist auch eine Reinigung mit kleinen Schwämmen oder Schwammstücken, die durch die Rohre bewegt werden. Zur Nachreinigung ist Leitungswasser und/oder destilliertes Wasser zu verwenden. Alle Geräte sind nach der Reinigung zu trocknen.

Kontaminierte Steigrohre und Pumpen sind, wenn sie nicht mehr zuverlässig gereinigt werden können, auszuwechseln.

Durch Aufzeichnungen im Gerätebuch (Einsatzorte, Kennzeichnung der Steigrohre, Zeitpunkt der Reinigung einschließlich der analytischen Kontrolle des Spülwassers durch Blindproben) sind mögliche Verschleppungen von Verunreinigungen und die Wirksamkeit der Reinigung nachvollziehbar zu machen.

## **3.4 Probengefäße, Konservierung und Haltbarkeit der Proben**

### **3.4.1 Probengefäße**

Die Auswahl geeigneter Probengefäße erfolgt in Abstimmung mit dem Untersuchungslabor. Dabei ist sicherzustellen, dass eine Veränderung der zu untersuchenden Parameter durch Blindwerteinträge aus dem Gefäßmaterial oder Adsorption an das Gefäßmaterial möglichst minimiert wird. Dies ist, z. B. durch Voruntersuchungen oder durch Untersuchung einer Blindprobe pro Probenserie nachzuweisen.

Geeignete, qualitätsgesicherte Probengefäße werden häufig vom Labor bereitgestellt. Dies ermöglicht es, mit den im Labor eingesetzten automatischen Probengebern kompatible Gefäße zu verwenden, wodurch ein Umfüllen entfällt. Die Probengefäße sind eindeutig und unverwischbar auf der Gefäßwand zu kennzeichnen.

Für Grundwasserproben geeignete Gefäßmaterialien und zugehörige Reinigungsverfahren sind für die gängigsten Untersuchungsparameter in Tab. 2 aufgelistet. Die verwendeten Probengefäße (Material, Volumen) sind im Probenahmeprotokoll zu dokumentieren.

Tab. 2: Material und geeignete Reinigung der Probengefäße

Parameter	Material	Reinigungsanleitung (soweit die entsprechende Norm nichts anderes vorschreibt)
<b>Allgemeine chemische Untersuchung (Basisparameter) Silikat (nicht in Glas)</b>	PE, Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reinigung mit phosphatfreiem Laborspülmittel</li> <li>– trocknen</li> <li>– visuelle Prüfung auf Sauberkeit</li> </ul>
<b>umweltrelevante Metalle und Halbmetalle</b>	PE, Glas, PFA	<ul style="list-style-type: none"> <li>– für die Metallanalytik sind grundsätzlich Kunststoff-Einweggefäße entsprechend den gültigen Normen zu verwenden</li> <li>– für die Bestimmung von Quecksilber ist die Verwendung von Glasgefäßen oder PFA-Gefäßen notwendig</li> </ul>
<b>LHKW, BTEX</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vor Gebrauch mindestens eine Stunde bei 150 °C im belüfteten Trockenschrank ausheizen</li> <li>– im noch warmen Zustand verschließen</li> <li>– wiederverwendete Probengefäße nur für Proben eines entsprechenden Konzentrationsbereiches verwenden</li> </ul>
<b>PAK, MKW, PCB und SHKW</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reinigung mit Laborspülmittel oder Spülmaschine</li> <li>– gründlich mit Wasser nachspülen</li> <li>– im Trockenschrank trocknen</li> <li>– nach dem Trocknen mit iso-Hexan oder n-Hexan nachspülen</li> <li>– trocknen bei &gt; 150 °C</li> <li>– wiederverwendete Probengefäße nur für Proben eines entsprechenden Konzentrationsbereiches verwenden</li> </ul>
<b>PSMBP (wenig polare und neutrale PSMBP) (saure PSMBP siehe Phenole und STV)</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reinigung mit Laborspülmittel oder Spülmaschine</li> <li>– mit Aceton spülen und gründlich mit destilliertem Wasser nachspülen</li> <li>– trocknen bei &gt; 150 °C</li> <li>– wiederverwendete Probengefäße nur für Proben eines entsprechenden Konzentrationsbereiches verwenden</li> </ul>
<b>PFAS</b>	PP, PE	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stets neue Probengefäße verwenden</li> </ul>
<b>AOX</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– normal in Spülmaschine waschen</li> <li>– bei hochbelasteten Proben Septum wechseln</li> </ul>
<b>Phosphat</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nicht in der Spülmaschine waschen</li> <li>– Reinigung mit phosphatfreiem Laborspülmittel</li> <li>– gründliches Spülen mit Wasser</li> </ul>
<b>Phenole</b>	Glas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reinigung mit Laborspülmittel oder Spülmaschine</li> <li>– mit Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>- oder K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Lösung spülen</li> <li>– trocknen bei &gt; 150 °C</li> </ul>

### 3.4.2 Probenvorbereitung und -konservierung, Haltbarkeit

Die Behandlung und Konservierung der Proben hat in Abstimmung mit dem beauftragten Analytiklabor zu erfolgen. Die Art der Probenvorbereitung und -konservierung ist im Probennahmeprotokoll bzw. im Analysenbericht zu dokumentieren und bei der Ergebnisbewertung zu berücksichtigen.

Generell sollte eine ggf. erforderliche Extraktion mit organischen Lösungsmitteln sowie jede weitere Behandlung und die Analytik zeitnah erfolgen. Für die Auswahl von Probengefäßen sowie für Konservierung, Transport und Aufbewahrung von Proben sind die einschlägigen Normen zur Bestimmung des jeweiligen Parameters sowie die DIN EN ISO 5667-3 zu beachten.

Die parameterspezifischen Konservierungstechniken und Lagerungsdauern bis zur Analyse bzw. Probenaufbereitung (z. B. Lösungsmittelextraktion) laut den einschlägigen Normen sind einzuhalten. Abweichungen können zu Minderbefunden führen und sind daher zu dokumentieren und begründen.

Die Proben sind so schnell wie möglich und zusammen mit den Probenahmeprotokollen dem analytischen Labor zu übergeben. Nach der Entnahme, während des Transports und bis zur Untersuchung müssen die Proben gekühlt ( $5 \pm 3$  °C) und dunkel gelagert werden. Die Transportbedingungen und der Anlieferungszustand der Proben im Labor sind in einem Übergabeprotokoll zu dokumentieren. Bis zur Übergabe der Proben an das Labor ist der Probenehmer dafür verantwortlich, dass die erforderlichen Transport- und Lagerungsbedingungen eingehalten werden.

### 3.5 Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen

Im Rahmen weitergehender Untersuchungen, z. B. einer Sanierungsplanung, kann eine tiefenorientierte Probenahme erforderlich werden. Neben dem speziellen Ausbau von Grundwassermessstellen (siehe Kap. 2.7.3) können auch mit geeigneten Methoden aus durchgehend verfilterten Grundwassermessstellen tiefenorientierte Proben entnommen werden (DVGW W 112).

Die Anwendung eines Doppelpackers beschränkt sich auf Grundwassermessstellen mit einer Aquifermächtigkeit von maximal etwa 20 Metern. Ober- und unterhalb der Tauchmotorpumpe installierte und mit Druckluft aufzupumpende Gummimanschetten dichten die Messstelle nach oben und unten ab. Die Entnahme der Probe erfolgt aus dem Horizontbereich der Pumpe.

#### Hinweise

Der Packer muss das Messstellenrohr vollständig verschließen. Bei aufblasbaren Schlauchpackern muss der Druck konstant gehalten werden (Manometer). Umläufigkeiten über den Filterbereich bzw. den Ringraum müssen in Betracht gezogen werden. Ggf. sind entsprechende Maßnahmen, wie Schutzbeprobungen oberhalb und bzw. oder unterhalb des Probenahmebereichs, vorzunehmen.

Weitere Hinweise zur Entnahme tiefenspezifischer Proben finden sich z. B. in Weiß (2006).

### 3.6 Passive Probenahmeverfahren

Bei passiven Probenahmeverfahren wird ein mit einem Füllmedium oder einem Sorbens befülltes Probenahmegefäß in eine Grundwassermessstelle eingebracht und verbleibt dort über einen längeren Zeitraum im Grundwasser. Es wird kein Grundwasser gefördert. Die Probenahme erfolgt somit im unbeeinflussten Strömungszustand. Passive Probenahmeverfahren liefern qualitative und teilweise auch halbquantitative Aussagen, die nicht mit den Ergebnissen aus repräsentativen Grundwasseruntersuchungen vergleichbar sind.

Bei vertikal geschichteten Strömungsverhältnissen wird immer die Grundwasserschicht beprobt, in deren Tiefe der Passivsammler eingehängt wird. Durch passive Probenahmeverfahren sind somit Aussagen zur vertikalen Verteilung von Schadstoffen und Schadstofffrachten möglich. Hierzu werden verschiedene Grundwasserschichten durch den Einsatz mehrerer Passivsammler zeitgleich beprobt. Zur Interpretation der Ergebnisse ist es i. d. R. erforderlich, die Strömungsverhältnisse in der Grundwassermessstelle durch geeignete Messverfahren zu ermitteln.

Durch den Einsatz von zeitintegrierenden Passivsammlern ist es aufgrund der irreversiblen Anreicherung möglich, Stoffe zu detektieren, die nur in geringen Konzentrationen im Grundwasser enthalten sind. Passive Probenahmeverfahren können bei gering ergebigen Grundwasserleitern, bei denen konventionelle Pumpprobenahmeverfahren an ihre Grenzen stoßen, zielführend eingesetzt werden.

Die Aussagekraft der Ergebnisse aus passiven Probenahmeverfahren ist stark vom Ausbau und dem Zustand der Grundwassermessstelle abhängig und spiegelt die punktuelle Situation in einer Grundwassermessstelle wider. Milieuänderungen zwischen Grundwassermessstelle und dem umgebenden Grundwasserleiter können erhebliche Diskrepanzen hervorrufen. Die Verweilzeiten der Passivsammler betragen meist eine bis mehrere Wochen. Die Verfahren sind nach ihrem Wirkmechanismus zu unterscheiden.

**Gleichgewichtssammler** basieren auf dem Prinzip der Gleichgewichtseinstellung zwischen zwei durch eine semipermeable Membran getrennte Medien. Hierzu wird ein mit einem Füllmedium (deionisiertes Wasser) gefüllter Sammler (Schläuche/Behälter aus Polyethylen) in die Grundwassermessstelle eingebracht. Nach ausreichender Exposition sind die Konzentrationen der membrangängigen im Wasser gelösten Schadstoffe im Sammler und im umgebenden Grundwasser etwa gleich. Durch Analyse des Wassers aus dem Sammler können die Konzentrationen von gelösten Schadstoffen zur Zeit der Probenahme bestimmt werden. Die Schadstoffe werden im Gegensatz zu den integrierenden Passivsammlern nicht angereichert. Da an der Oberfläche der Passivsammler ein Biofilm entstehen kann, sollte eine Expositionszeit von mehr als vier Wochen vermieden werden. Aufgrund der Trägheit der Gleichgewichtseinstellung ist das Verfahren nicht bei stark schwankenden Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser geeignet. Gleichgewichtssammler eignen sich auch für die Untersuchung auf flüchtige organische Schadstoffe (BTEX, CKW).

Bei **zeitintegrierenden Passivsammlern** werden die Schadstoffe über ein Sammelmedium im Laufe der Exposition angereichert. Dadurch können Aussagen über die in einem Tiefenbereich einer Grundwassermessstelle über einen Expositionszeitraum kumulierte Schadstoffmenge getroffen werden. Sie sind auch für die Detektion von Schadstoffen geeignet, die in geringen Konzentrationen oder nur zeitweise vorliegen. Diese Passivsammler gleichen Konzentrationsschwankungen aus. Zur Interpretation der Ergebnisse sind Erkenntnisse über das im Expositionszeitraum am Passivsammler vorbeigeströmte Grundwasservolumen essentiell. Das Sammelmedium befindet sich i. d. R. in einem Behälter oder Schlauch, der aus für die Schadstoffe durchlässigen Materialien besteht (semipermeable Membran). Die Schadstoffe werden vom Sammelmedium (Feststoff- oder Flüssigsammler) über den Sammelzeitraum weitgehend irreversibel angereichert. Expositionszeiten von mehreren Wochen bis Monaten sind üblich. Bei einigen Methoden sind aufwendige Probenaufbereitungsverfahren im Labor erforderlich. Für eine zielgerichtete Planung der Probenahme mit zeitintegrierenden Passivsammlern (Expositionsdauer, Dimensionierung des Sammlers) sind Kenntnisse zu Schadstoffinventar, Schadstoffkonzentrationen und Strömungsverhältnissen erforderlich.

Bislang liegen in Bayern zu passiven Probenahmeverfahren wenige Praxiserfahrungen vor, sodass über deren Einsatz und Nutzen im Einzelfall in Absprache mit den zuständigen Behörden zu entscheiden ist.

Detaillierte Hinweise und die dabei zu beachtenden Voraussetzungen und Einschränkungen für die o. g. Methoden sind z. B. in LUBW (1997), Weiß (2006) und UBA-Ö (2016) beschrieben.

### 3.7 Dokumentation

Für die Interpretation der Analysenergebnisse und die Qualitätssicherung ist eine vollständige Dokumentation der Probenahme und Probenübergabe notwendig. Daher ist für jede Probenahme ein Probenahmeprotokoll anzufertigen, in dem alle für die Beurteilung notwendigen Umstände und Beobachtungen vor Ort festzuhalten sind. Ebenso sind der Transport und der Anlieferungszustand der Proben im Labor zu dokumentieren. Vorgaben für das Probenahmepersonal sollten bereits im Protokoll eingetragen sein.

Das Muster-Probenahmeprotokoll im Anhang 4 enthält alle folgenden erforderlichen Angaben:

- Zeitpunkt der Probenahme (Datum, Uhrzeit),
- Bezeichnung der Probe (eindeutige Beschriftung),
- genaue Bezeichnung und Beschreibung der Entnahmestelle (Name z. B. aus dem Messstellenpass, Art, Lage, Ausbau; ggf. Verweis auf ergänzende Angaben im Messstellenpass),
- Witterung am Tag der Probenahme und den vorangegangenen Tagen; Lufttemperatur, vorangegangene Niederschlagsereignisse,
- Ruhewasserspiegel und abgesenkter Grundwasserspiegel (bezogen auf NHN nach DHHN2016 bzw. in Meter unter Messpunkt),
- ggf. Schadstoffphase und Schichtdicke,
- Nummer der Probenahme innerhalb der Reihenfolge der Probenahmekampagne,
- Messwerte der physikalisch-chemischen Vor-Ort-Parameter mit Verlauf bis zur Probenahme,
- Beschreibung des Entnahmevorgangs (gepumpt/geschöpft; Einbautiefe Pumpe, Förderrate bei Probenahme, Pumpdauer und Fördervolumen bis zur Probenahme),
- organoleptische Parameter (Färbung, Trübung, Geruch, ggf. Bodensatz),
- Art der Probenvorbehandlung (z. B. filtriert/unfiltriert) und Probenkonservierung sowie Material und Volumen der Probengefäße, einschließlich deren Verschlüsse und Füllgrad (bei leichtflüchtigen Stoffen),
- Funktionstüchtigkeit der Grundwassermessstelle (z. B. Beschädigung des Rohres),
- besondere Beobachtungen (z. B. auffällige Ablagerungen),
- Name und Dienststelle des Probenehmers,
- Übergabe der Probe(n) an das Labor.

### 3.8 Plausibilitätskontrollen

Um Verwechslungen von Proben zu vermeiden und ergebnisrelevante Veränderungen der Proben auf dem Transportweg zu erkennen ist es erforderlich, einige **Vor-Ort-Parameter** im Labor nochmals zu bestimmen. Zumindest die organoleptische Prüfung (Färbung, Trübung, Geruch und ggf. Bodensatz) sowie die Messung von pH-Wert und Leitfähigkeit sind für ausgewählte Proben erneut durchzuführen und mit den vor Ort bestimmten Werten aus dem Probenahmeprotokoll zu vergleichen. Dadurch kann beispielsweise erkannt werden, ob als Folge von Ausgasungen oder Sauerstoffeintrag Ausfällungen (z. B. Calciumcarbonat oder Eisen(hydr)oxid) erfolgt sind.

Durch Überprüfung der **Ionenbilanz** (Vergleich der Ionenäquivalente von positiv und negativ geladenen Wasserinhaltsstoffen) können Aussagen über die Qualität und Plausibilität der chemisch-physikalischen Labor- und Vor-Ort-Untersuchungen gemacht werden. Nähere Ausführungen hierzu finden sich im Merkblatt 1.5/1, Kap. 4.1 und der DIN 38402-62.

Ferner ist es zielführend, im Rahmen der Plausibilitätsprüfung von Analyseergebnissen zu prüfen, inwieweit sich zeitliche Variationen der Grundwasserstände parameter-spezifisch auf die ermittelten Konzentrationen in Grundwasserproben auswirken.

## 4 Direct-Push-Verfahren

Unter dem Begriff „Direct-Push-Verfahren“ (DP-Verfahren) werden Technologien verstanden, mit deren Hilfe man Boden, Bodenluft und Grundwasser entnehmen, sowie darüber hinaus geologische, geophysikalische und chemische Daten in-situ erheben kann (USEPA 2016). Mit Hilfe dieser Verfahren können im Vergleich zu konventionellen Verfahren (z. B. Rammkernsondierungen) Untergrundkontaminationen umfassender und schneller untersucht werden. Allgemeine Ausführungen zum DP-Verfahren mit den Anwendungsbereichen, den Vortriebsarten sowie den Anforderungen an die Vorgehensweise bei der Standorterkundung sind in Merkblatt 3.8/4, Kap. 7 enthalten.

In Kap. 4.1 werden Sonden zur beprobungslosen Erkundung mittels Direct-Push im gesättigten Bereich dargestellt. In Kap. 4.2 wird auf die Entnahme von Grundwasserproben mittels Direct-Push eingegangen. Detailliertere Beschreibungen finden sich u. a. in UBA-Ö (2016).

### 4.1 Erkundung durch hydrogeologische und schadstoffdetektierende Sonden

Zur beprobungslosen Erkundung eines Grundwasserstockwerks werden geotechnische und schadstoffdetektierende Sonden eingesetzt. Sie ermöglichen in Kombination die Untersuchung des geologischen Untergrundes (gesättigte und ungesättigte Zone) hinsichtlich der Verteilung organischer Kontaminanten.

Im Folgenden werden [Sonden zur Erfassung hydrogeologischer Parameter](#) mittels DP-Verfahren beschrieben. Diese ermöglichen es, hydrogeologische Parameter zu erfassen ohne Grundwassermessstellen zu errichten. Ausführungen zu Sonden zur Erfassung geotechnischer und geologischer Parameter sowie zur Schadstoffdetektion sind im Merkblatt 3.8/4 enthalten. Diese sind größtenteils auch im gesättigten Bereich einsetzbar.

Zur Bestimmung hydraulischer Untergrundparameter werden u. a. folgende Sonden bzw. Techniken eingesetzt:

- [Porenwasserdrucksonden](#): Erläuterungen siehe Merkblatt 3.8/4
- [Direct Push Injection Logging \(DPIL\)](#): Diese Technik ermöglicht es, vertikale Unterschiede der hydraulischen Durchlässigkeit zu ermitteln. Hierzu wird über eine Sonde Wasser in den Untergrund gepresst und der Injektionsdruck und die Wassermenge gemessen. Dabei ist es sinnvoll, die Injektion in jeder Tiefe mit jeweils drei unterschiedlichen Drücken durchzuführen. Zur Abschätzung der absoluten hydraulischen Durchlässigkeiten aus den mit dem Verfahren ermittelten relativen hydraulischen Durchlässigkeiten sind weitere Erkenntnisse aus anderen Untersuchungen erforderlich (z. B. Korngrößenverteilung, Kombination mit Sonde zur geotechnisch-geologischen Erkundung).
- [Direct Push Slug Test \(DPST\)](#): Mit dieser Technik kann die hydraulische Durchlässigkeit im gesättigten Bereich ermittelt werden. Hierzu wird die Sonde bis ins Grundwasser vorgetrieben. In der gewünschten Tiefe wird Luft oder Gas mit definiertem Druck in den Untergrund eingepresst. Die hydraulische Durchlässigkeit kann über die gemessene Zeit bis der Ausgangsdruck erreicht ist und den Verlauf des Wasserdrucks berechnet werden. Vor der Injektion ist ein ausreichendes Klarpumpen erforderlich, um sicherzustellen, dass die Sonde an den umgebenden Grundwasserleiter angebunden ist. I. d. R. werden in gleicher Tiefe drei Messserien mit unterschiedlichen Injektionsdrücken durchgeführt. Eine Messserie besteht dabei aus drei Messungen mit gleichem Druck. Nach weiterem Vortrieb kann die Messung in tieferen Grundwasserschichten wiederholt werden.

Die gebräuchlichsten schadstoffdetektierenden Sonden sind die [Membrane Interface Probe \(MIP\)](#) und die [Laser Induced Fluorescence \(LIF\)](#). Ausführungen zu diesen Sonden sind in Merkblatt 3.8/4 enthalten.

## 4.2 Grundwasserentnahme

Zur Probenahme von Grundwasser mittels DP-Verfahren werden Sonden eingesetzt, an deren Spitze ein Filterelement anschließt. Dieses kann bis zum Erreichen der gewünschten Tiefe geschützt sein und z. B. durch Ziehen des Außengestänges freigelegt werden.

Alternativ sind Sonden mit ungeschütztem Filterelement verfügbar. Bei ungeschütztem Filterelement besteht die Gefahr von Schadstoffverschleppungen. Außerdem kann Feinmaterial während des Sondiervorgangs eindringen.

Die Kombination einer schadstoffdetektierenden Sonde mit einer Probenahmeeinheit ermöglicht es, mehrere Grundwasserproben aus belasteten Tiefenbereichen in einem Sondiervorgang zu entnehmen. Da die Grundwasserentnahmesonden i. d. R lediglich kurze Filterstrecken aufweisen, ist insbesondere bei Kontaminationen mit ausgeprägt vertikalem Gradienten die Vergleichbarkeit mit Ergebnissen aus integrierenden Grundwasserprobenahmen häufig nicht gegeben. Grundwasserprobenahmen in stark schluffigen oder bindigen Schichten sind unter Umständen nicht realisierbar.

## 4.3 Qualitätssicherung, Dokumentation

### Grundwasserprobenahme

Werden schadstoffdetektierende Sonden eingesetzt und wird dasselbe Bohrloch zur Grundwasserprobenahme mittels eines DP-Verfahrens nachgenutzt, ist es gegen Nachfall zu schützen und abzudecken. Grundsätzlich sollte eine Mehrfachverwendung eines Sondierloches vermieden werden.

Die Qualitätskriterien für eine Grundwasserprobenahme gemäß Kap. 3 gelten grundsätzlich auch für die im Rahmen von DP-Untersuchungen entnommenen Grundwasserproben. Insbesondere ist ein ausreichendes Wasservolumen auszutauschen.

Ergebnisse von Grundwasserproben, die vorgenannte Kriterien nicht erfüllen, haben nur halbquantitativen Charakter. Eine Bewertung beispielsweise anhand von Stufe-Werten nach Merkblatt 3.8/1 ist dann nicht zulässig.

### Dokumentation

Für die Dokumentation von DP-Untersuchungen gelten folgende Eckpunkte:

- Alle Sondierpunkte sind hinsichtlich ihrer räumlichen Lage einzumessen.
- Mit schadstoffdetektierenden Sonden ermittelte Ergebnisse sind als Profile der Detektorsignale und der geotechnischen Signale grafisch darzustellen. Die Bereiche der Grundwasserprobenahmen sind anzugeben.
- Alle Arbeiten zur Vorbereitung der Grundwasserprobenahme (wie z. B. die Messstellenentwicklung) und der gesamte Entnahmeprozess sind umfassend zu dokumentieren. Über die Grundwasserprobenahme sind Protokolle zu führen, deren Informationsgehalt mindestens dem in Anhang 4 aufgeführten Muster-Probenahmeprotokoll entspricht. Darüber hinaus sind alle Besonderheiten der Probenahme zu dokumentieren.

## 5 Entnahme von Oberflächenwasserproben

Sofern in Einzelfällen die Beprobung von Oberflächengewässern einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn erwarten lässt, sind bei der Entnahme von Oberflächenwasserproben die Vorgaben der DIN EN ISO 5667-6 und das AQS - Merkblatt P-8/3 zu beachten. Ausführliche Hinweise für die Probenahme aus stehenden Gewässern finden sich in der DIN 38402-12 und dem AQS - Merkblatt P-8/5.

Ergebnisse aus Oberflächenwasseruntersuchungen sind bei der Gefährdungsabschätzung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser nicht relevant.

## 6 Entnahme von Bodensickerwasserproben

In-situ-Sickerwasseruntersuchungen können mithilfe von Saugkerzen, -platten, Lysimetern etc. durchgeführt werden. Das jeweils geeignete System soll fallbezogen ausgewählt werden. Über den Einsatz und Nutzen im Einzelfall ist in Absprache mit den zuständigen Behörden zu entscheiden.

Die Entnahme von Sickerwasser ist meist zeitaufwändig und kostenintensiv. Zudem kann sich die Beprobung aufgrund möglicher Materialeinflüsse problematisch gestalten. Aus diesen Gründen sollten bei Altlasten Untersuchungen des Sickerwassers nur im Einzelfall durchgeführt werden.

Die Ergebnisse von Sickerwasserbeprobungen aus Schürfen oder Bohrungen können und dürfen nur zu qualitativen Bewertungen herangezogen werden.

Eine detaillierte Übersicht verschiedener Gewinnungstechniken für Sickerwasser und deren Einsatzmöglichkeiten bieten LAWA (2005) und das Merkblatt M 905 (DWA 2012).

## 7 Analytik von Wasserproben

In **Wasserproben** hat die Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften mit den in Anlage 3 Tab. 1 der BBodSchV sowie die Bestimmung der Konzentration anorganischer und organischer Parameter mit den in Anlage 3 Tab. 6 und 7 BBodSchV genannten Verfahren zu erfolgen. Gemäß § 24 Abs. 11 BBodSchV dürfen auch alternative Referenzverfahren bzw. gleichwertige Verfahren angewendet werden. Diese können dem Fachmodul Boden und Altlasten, Anhang 1 und der Methodensammlung Feststoffuntersuchung (FBU & LAGA 2021) entnommen werden. Hinweise zu den anzuwendenden Verfahren sind auch in der Verfahrensliste des LfU für Untersuchungsstellen nach VSU ([www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)) und ergänzend im Fachmodul Wasser enthalten.

Die Parameter, die dort nicht geregelt sind, sollen mit Verfahren bestimmt werden, für die gültige Normen der Deutschen Einheitsverfahren (DEV) vorliegen. Sind in den Regelwerken mehrere Verfahren angegeben, ist bei der Auswahl die erforderliche Bestimmungsgrenze zu berücksichtigen. Um die Einhaltung der Prüfwerte der BBodSchV bzw. der Stufe-Werte nach Merkblatt 3.8/1 sicher nachzuweisen, darf die Bestimmungsgrenze für den jeweiligen Parameter maximal bei einem Drittel des Prüf- bzw. Stufe-Wertes liegen.

Für die Untersuchung von **Sickerwasserproben und Eluat**en sind die Vorgaben im Merkblatt 3.8/5 zu beachten.

Es wird empfohlen, zu Beginn einer Untersuchung sowie an ausgewählten Proben im Laufe der weiteren Untersuchungen nach Absprache mit dem Labor fallbezogene Übersichtsanalysen (ICP-MS- bzw. GC-MS- und/oder LC-MS-Screening) durchzuführen, um mögliche branchenspezifische Kontaminationen zu ermitteln bzw. einen Überblick über den zu berücksichtigenden Parameterumfang zu erhalten.

## 8 Literaturverzeichnis

Die angegebenen LfU- bzw. LfW-Merkblätter können im Internet unter [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de) heruntergeladen werden.

Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung [Hrsg.] (2018): Merkblatt Funktionsprüfung an Grundwassermessstellen.

BayWG, vom 25.02.2010 (2010): Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66, Ber. S. 130), das zuletzt durch § 1 des Gesetzes vom 09.11.2021 (GVBl. S. 608) geändert worden ist.

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17.03.1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25.02.2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.

BBodSchV (2021): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716).

DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. [Hrsg.] (2006): DGUV Regel 101-008, Arbeiten im Spezialtiefbau.

DIN 4023:2023-02: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen.

DIN 4924:2014-07: Sande und Kiese für den Brunnenbau - Anforderungen und Prüfverfahren.

DIN 4944:2007-11: Abschlüsse für Grundwassermessstellen.

DIN 38402-12:1985-06: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Angaben (Gruppe A); Probenahme aus stehenden Gewässern (A 12).

DIN 38402-13:2021-12: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Allgemeine Angaben (Gruppe A) - Teil 13: Planung und Durchführung der Probenahme von Grundwasser (A 13).

DIN 38402-62:2014-12: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Allgemeine Angaben (Gruppe A) - Teil 62: Plausibilitätskontrolle von Analysendaten durch Ionenbilanzierung (A 62).

DIN EN ISO 5667-3:2019-07: Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Konservierung und Handhabung von Wasserproben (ISO 5667-3:2018); Deutsche Fassung EN ISO 5667-3:2018.

DIN EN ISO 5667-6:2016-12: Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 6: Anleitung zur Probenahme aus Fließgewässern (ISO 5667-6:2014); Deutsche Fassung EN ISO 5667-6:2016.

DIN EN ISO 14688-1:2020-11: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018.

DIN EN ISO 14688-2:2020-11: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2018.

DIN EN ISO 14689:2018-05: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018.

DIN EN ISO 22475-1:2022-02: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen für die Probenentnahme von Boden, Fels und Grundwasser (ISO 22475-1:2021); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2021.

DVGW W 110:2019-05: Bohrlochgeophysik in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen.

DVGW W 111:2015-03: Pumpversuche bei der Wassererschließung.

DVGW W 112:2011-10: Grundsätze der Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen, inhaltsgleich mit dem Arbeitsblatt DWA-A 909 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.).

DVGW W 113:2001-03: Bestimmung des Schüttkorndurchmessers und hydrogeologischer Parameter aus der Korngrößenverteilung für den Bau von Brunnen.

DVGW W 115:2008-07: Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser.

DVGW W 119:2002-12: Entwickeln von Brunnen durch Entsandungen - Anforderungen, Verfahren, Restsandgehalte.

DVGW W 120-1:2012-08: Qualifikationsanforderung für die Bereiche Bohrtechnik, Brunnenbau, -regenerierung, -sanierung und -rückbau.

DVGW W 121:2003-07: Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen.

DVGW W 123:2001-09: Bau- und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen.

DVGW W 129:2012-05: Eignungsprüfung von Grundwassermessstellen.

DVGW W 135:2018-12: Sanierung und Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen und Bohrungen.

DVWK (1990): Einflüsse von Messstellenausbau und Pumpenmaterialien auf die Beschaffenheit einer Wasserprobe, bearbeitet durch Frank Remmler, Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Bonn, Heft 20, 141 S.

DWA (2012): Gewinnung von Bodenlösung; Beprobungssysteme und Einflussgrößen, Mai 2012, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Hennef (Sieg), DWA-Regelwerk, M 905, 36 S.

FBU, Fachbeirat Bodenuntersuchung; LAGA, Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall [Hrsg.] (2021): Methodensammlung Feststoffuntersuchung, Version 2.0.

LABO, Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz [Hrsg.] (2012): Fachmodul Boden und Altlasten.

LAWA, Bund-/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2018): Fachmodul Wasser.

LAWA, Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (1995): AQS - Merkblatt P-8/2, Probenahme von Grundwasser.

LAWA, Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2012): AQS - Merkblatt P-8/3, Probenahme aus Fließgewässern.

LAWA, Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [Hrsg.] (2015): AQS - Merkblatt P-8/5, Probenahme aus Seen.

LAWA, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1993): Grundwasser, Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 3 - Grundwasserbeschaffenheit, Essen, Woeste Druck + Verlag, 59 S.

LAWA, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2005): Sickerwasser, Richtlinie für Beobachtung und Auswertung, Stand: Dezember 2003, Berlin, Kulturbuchverlag, Empfehlungen Grundwasser, 73 S.

LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2003): Merkblatt 1.5/1, Umfang einer "Chemisch-technischen Wasseranalyse" für die Bearbeitung grund- und trinkwasserchemischer Belange.

LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2003): Merkblatt 1.5/2, Hinweise zur Entnahme von Wasserproben bei Pumpversuchen für orientierende Analysen und zum „chemischen Pumpversuch“.

- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2017): Merkblatt 3.8/4, Probenahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer.
- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2017): Merkblatt 3.8/5, Untersuchung von Bodenproben und Eluaten bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer.
- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2019): Merkblatt 3.8/2, Hinweise zur Ausschreibung und Vergabe von Leistungen bei der Amtsermittlung.
- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2022): Vorläufige Leitlinien zur Bewertung von PFAS-Verunreinigungen in Wasser und Boden.
- LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2023): Merkblatt 3.8/1, Untersuchung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen - Wirkungspfad Boden-Grundwasser.
- LfW, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.] (1995): Schreiben Nr. 2.1/5, Messstellenuntersuchung mit Unterwasserkameras.
- LUBW, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (1997): Stand des Wissens bezüglich der Beprobung von Grundwasser bei Altlasten.
- UBA-Ö, Umweltbundesamt GmbH Österreich [Hrsg.] (2016): Quicksan Erkundungs- und Monitoring-technologien, Quicksan über erfolgversprechende Verfahren zur Erkundung von kontaminierten Standorten, Report / Umweltbundesamt, REP-0570.
- USEPA, US Environmental Protection Agency [Hrsg.] (2016): Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tank Sites. A Guide For Regulators. Chapter V: Direct Push Technologies.
- VOB/B (2016): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen. Fassung 2016 (Bekanntmachung vom 31.7.2009, BAnz. Nr. 155 vom 15.10.2009) geändert durch Bekanntmachung vom 26. Juni 2012 (BAnz AT 13.07.2012 B3) zuletzt geändert durch Bekanntmachung vom 7. Januar 2016 (BAnz AT 19.01.2016 B3).
- VSU (2001): Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung in Bayern (Sachverständigen- und Untersuchungsstellen-Verordnung – VSU) vom 03.12.2001 (GVBl. S. 938), die zuletzt durch Verordnung vom 16.10.2017 (GVBl. S. 508) geändert worden ist.
- Weiß, H. [Hrsg.] (2006): Innovative Mess- und Überwachungsmethoden, (Grundwassermonitoring), Stand: 04.2005, Stuttgart, Schweizerbart, Schriftenreihe / Altlastenforum Baden-Württemberg e.V, 11, 32 S.
- WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20.07.2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.

## Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis

AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
BTEX	Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe. Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole (vgl. auch Merkblatt 3.8/1)
DN	Nennweite in mm (Diameter Nominal, Innendurchmesser)
DNAPL	Flüssigkeiten, die nicht mit Wasser mischbar sind und deren Dichte größer ist als die von Wasser ( <u>d</u> ense <u>n</u> on <u>a</u> queous <u>p</u> hase <u>l</u> iquids)
GC	Gaschromatografie
ICP/MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
IR	Infrarot-Detektor
LC	Flüssigchromatografie
LHKW	Summe leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe: Summe der halogenierten C <sub>1</sub> - und C <sub>2</sub> -Kohlenwasserstoffe; einschließlich Trihalogenmethane
LNAPL	Flüssigkeiten, die nicht mit Wasser mischbar sind und deren Dichte kleiner ist als die von Wasser und eine aufschwimmende Phase bilden ( <u>l</u> ight <u>n</u> on <u>a</u> queous <u>p</u> hase <u>l</u> iquids)
MKW	Mineralölbasierte Kohlenwasserstoffe
C <sub>6</sub> – C <sub>9</sub>	Summe der C <sub>6</sub> – C <sub>9</sub> -Kohlenwasserstoffe
C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	Summe der Kohlenwasserstoffe, die zwischen n-Dekan (C <sub>10</sub> ) und n-Tetracontan (C <sub>40</sub> ) von der gaschromatographischen Säule eluieren
MS	Massenspektrometrie
NHN	Normalhöhen-Null nach dem Deutschen Haupthöhennetz (DHHN2016)
PAK	Summe der 16 EPA-PAK ohne Naphthalin und Methylnaphthaline sowie ohne NSO-Heterocyclen
PCB	Summe der Ballschmied-PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) inklusive Leitkongener PCB 118
PE	Polyethylen
PE-HD	Polyethylen hoher Dichte
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, vgl. auch PFAS-Leitlinien (LfU 2022)
PP	Polypropylen
PSMBP	Summe der relevanten Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP, gesamt) sowie relevante Metabolite, Abbau- und Reaktionsprodukte
PTFE	Polytetrafluorethylen (z. B. Teflon™)
PVC	Polyvinylchlorid
SHKW	Schwerflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
STV	Sprengstofftypische Verbindungen

**Anhang 2: Checkliste zur Qualitätssicherung (Wasserprobenahme)**

Checkliste zur Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen bei der Wasserprobenahme:

	ja	nein	Bemerkungen
<b>1. Allgemeines</b>			
Liegt eine schriftliche und vollständige Probenahmeplanung vor			
Sind sowohl Auftragnehmer als auch etwaige Subunternehmer nach VSU zugelassen			
<b>2. Sind folgende Punkte dokumentiert:</b>			
Witterung am Tag der Probenahme und an den Vortagen, insb. Niederschlagsereignisse			
Angaben zum GW-Messstellenausbau, z. B. vollständig/partiell verfiltert; Material; Höhe des Beginns der Filterstrecken; Bezeichnung des Messpunktes an der jeweiligen Messstelle; Lage des verwendeten, amtlichen Bezugshöhenfestpunktes			
Eingesetzte Geräte und Materialien zur Probenahme, z. B. Tauchmotorpumpe mit Frequenzumwandler, Steigrohre			
Prüfung auf aufschwimmende Phase			
Prüfung der möglichen Beeinflussung der Grundwassersituation durch Umgebungseinflüsse, wie z. B. Bautätigkeiten, Wasserhaltungen			
Einhängtiefe der Pumpe, Pumprate, Pumpdauer			
Art der Beprobung: integrierend, tiefenorientiert			
Bezug zu den im Rahmen der Erstbeprobung optimierten Probenahmeparametern, z. B. aus entsprechendem Messstellenpass			

	ja	nein	Bemerkungen
Grundwasserstand vor, während und nach der Probenahme			
Angaben zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung			
Vor-Ort-Parameter bis zum Zeitpunkt der Probenahme, Abpumpvolumen, Bezugstemperatur der elektr. Leitfähigkeit			
Parameterspezifische Angabe der Art der Probengefäße einschließlich Verschlüsse und Dichtungen			
Konservierungsmaßnahmen			
Angabe, ob und wie Proben filtriert wurden			
Transport- und Lagerzeiten, Bedingungen; Übergabeprotokoll (vorab Absprache mit Labor notwendig)			
Ergebnisse von Blindprobenuntersuchungen nach Reinigung der Probenahmegerätschaften			
Fotodokumentation bei Beprobung von Quellwasser			
Reihenfolge der Messstellenbeprobung (Hinweis auf verschleppungsbedingte Verunreinigungen)			

## Anhang 3: Muster-Messstellenpass für Grundwassermessstellen

Bearbeitet von (Name, Organisation; Datum)										
<b>Messstellenkennung</b>										
Art der Messstelle: (z. B. Grundwassermessstelle, Brunnen, Quelle, Stollen)					Bezeichnung der Messstelle, Nummer:					
Topogr. Karte 1 : 25.000, Nr.:										
UTM-Koordinaten		E			N			Koordinatenermittlung/Genauigkeit:		
<b>Lagebeschreibung/Eigentümer/Betreiber</b>										
Gemeinde:					Gemeinde-/Ortsteil:					
Gemarkung:					Landkreis:					
Flurnummer:					ggf. Lagebeschreibung:					
Evtl. Grundstückseigentümer (Name/Anschrift):										
Betreiber der Messstelle (Name/Anschrift/Tel.-Nr.):										
<b>Messpunkt und technischer Ausbau</b>							1) Anforderungen siehe Kap. 2.7.7			
Messpunkt (MP) 1):										
Messpunkthöhe (m über NHN) 1):			Geländehöhe (GOK, m über NHN) 1):			Messstellenausbau (Material):				
Endteufe der Bohrung (m unter GOK):			Sohltiefe der Messstelle (m unter GOK):			Baujahr der Messstelle:				
Messstellentyp (z. B. vollständig verfiltert, Messstellengruppe):					Eingebaute Messeinrichtung:					
Rohrdurchmesser (mm):					Ringraumdurchmesser (mm):					
Filterrohrbereiche in Bezug auf GOK Angaben evtl. als gesonderte Anlage (Bohrprofil/Ausbau)					Filterkiesschüttung in Bezug auf GOK mit Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ ) Angaben evtl. als gesonderte Anlage (Bohrprofil/Ausbau)					
von	m	bis	m	von	m	von	m	$k_f$	m/s	
von	m	bis	m	von	m	von	m	$k_f$	m/s	
von	m	bis	m	von	m	von	m	$k_f$	m/s	
von	m	bis	m	von	m	von	m	$k_f$	m/s	

<b>Kriterien zur Messung und Beprobung (bei Erstcharakterisierung ermittelte Parameter)</b>		
Probenahmegerät:		Ruhewasserspiegel (unter MP): m
Erstbeprobung vom:		Max. Absenkung (unter MP): m
Temperatur:	°C	(unter Ruhewasserspiegel): m
Leitfähigkeit:	µS/cm	Entnahmetiefe (unter MP): m
pH-Wert:		Förderrate bei Entnahme: l/s
Sauerstoffgehalt:	mg/l	Förderdauer: (Abpumpdauer bis Probenahme) h
Redoxpotential: (optional)	mV	Abpumpvolumen bis Probenahme: (hydraulisches Kriterium nach DIN 38402-13) l
Ableitung des geförderten Wassers: ggf. Entsorgungspunkt im Lageplan kennzeichnen		
ggf. Behandlung/Reinigung des geförderten Wassers:		
<b>Lageplan, Schichtenverzeichnis, Bohrprofil mit Ausbauplan, Fotodokumentation, Daten zu ausführender Bohrfirma und Bohrverfahren, Informationen zu Auffülltests oder Kamerabefahrungen etc. sind als gesonderte Anlagen zu führen.</b>		
<b>Bemerkungen zu Zustand/Besonderheiten/Sanierungen:</b>		

## Anhang 4: Muster-Probenahmeprotokoll für Grundwasser

Datum der Probenahme:		Uhrzeit Beginn:		Probenbezeichnung:	
		Uhrzeit Ende:			
Nummer der Probenahme innerhalb der Reihenfolge der Probenahmekampagne:				von	
Anlass der Untersuchung:					
Bezeichnung der Messstelle, Nummer: (Daten zur Messstelle siehe z. B. aus Messstellenpass)					
Art der Probenahmestelle: (z. B. Grundwassermessstelle, Brunnen, Quelle, Stollen)					
Objektzustand / Beeinträchtigung der Probenahmestelle: (z. B. Abschlusskappe defekt, Schutzverrohrung beschädigt, Umgebung verändert; ggf. Fotodokumentation)					
<b>Probenahme (Abgleich mit Daten aus ggf. vorliegendem Messstellenpass vornehmen)</b>					
Art der Probengewinnung: (z. B. Pumpprobe, Schöpfprobe)			Probenahmegerät: (z. B. MP1 mit Steigrohr, andere, ggf. Material der Steigleitung)		
Ruhewasserspiegel (unter MP):		m		Förderrate (bei Probenahme):	
Sohltiefe (unter MP):		m		l/s	
Einhängetiefe der Pumpe (unter MP):		m		Förderdauer (Abpumpen bis Probenahme):	
				h	
Max. Absenkung (unter Ruhewasserspiegel): (bei/nach der Probenahme)		m		Gesamtfördervolumen (bis Probenahme):	
				m <sup>3</sup>	
Aufschwimmende Phase (ja/nein):			Schichtdicke:		cm
<b>Vor-Ort-Parameter</b>					
Lufttemperatur:			°C		Wassertemperatur:
					°C
Witterung am Probenahmetag:			Witterung an den letzten 3 Tagen:		
Geruch: <input type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> stark					
<input type="checkbox"/> erdig <input type="checkbox"/> modrig <input type="checkbox"/> faulig <input type="checkbox"/> jauchig <input type="checkbox"/> fischig					
<input type="checkbox"/> aromatisch <input type="checkbox"/> Chlor <input type="checkbox"/> Teer <input type="checkbox"/> Mineralöl <input type="checkbox"/> sonstige_____					
Färbung: <input type="checkbox"/> farblos <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> stark					
<input type="checkbox"/> weiß <input type="checkbox"/> grau <input type="checkbox"/> gelb <input type="checkbox"/> grün <input type="checkbox"/> braun					
Trübung: <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> schwach <input type="checkbox"/> stark					
Bodensatz: <input type="checkbox"/> ohne <input type="checkbox"/> Spuren <input type="checkbox"/> geringfügig <input type="checkbox"/> wesentlich					
Basekapazität bis pH 8,2 (KB <sub>8,2</sub> ):				mmol/l	
Wiederanstieg des Grundwasserspiegels nach dem Ende des Abpumpvorgangs erfolgt <input type="checkbox"/> (ggf. Messwert in letzter Zeile des Pumpprotokolls eintragen)					
<b>Auftraggeber/Institution</b>		<b>Verantwortlicher Probenehmer</b>		<b>Unterschrift</b>	

Bezeichnung der Messstelle, Nummer:							Datum			
<b>Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:</b>										
Zeit	abgesenkter GwStand	Förder-rate	Pump-volumen	Tempe-ratur	Leitfä-higkeit	pH-Wert	O <sub>2</sub>	Redox-potential	Bemerkung	
[min]	[m u. MP]	[l/s]	[l]	[°C]	bei ___ °C [µS/cm]		[mg/l] oder %	[mV]	z. B. Beharrung erreicht, Probenahmezeitpunkt	
0										
<b>Probenvorbehandlung/Probenbehälter</b>										
Parameter (Gruppe)	Filtration	Konservierungsmittel		Material/Volumen [ml] von		Füllgrad bei leichtflüchtigen Parametern	Proben-bezeichnung			
	ja/nein Porenweite	Art	Menge [ml]	Proben-behälter	Deckel/ Sep-tum					
<b>Bemerkungen</b>										
Kurier, Transportbedingungen:										
Weiteres: (z.B. Blindprobe nach Reinigungsvorgang)										
<b>Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle</b>										
Datum/Uhrzeit:						Analysenregister-Nr.				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht, etc.): <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein										
Bemerkungen:										
Untersuchungsstelle/Labor:						Sachbearbeiter:				
						Unterschrift:				
<b>Auftraggeber/Institution:</b>						<b>Verantwortlicher Probenehmer:</b>				
						Name:				
						Unterschrift:				

---

**Impressum:****Herausgeber:**

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Telefon: 0821 9071-0  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

**Bearbeitung:**

LfU, Referat 96

**Stand:**

Mai 2023

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.