

7/89

**Leitfaden zur
Grundwasseruntersuchung
bei Altablagerungen und
Altstandorten**

**Landesamt
für Wasser und Abfall
Nordrhein-Westfalen**

Landesumweltamt
Landesamt für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz NRW
Bibliothek Essen

Impressum:

Herausgeber: Landesamt für Wasser und Abfall
Nordrhein-Westfalen (LWA)
Postfach 5227 · Auf dem Draap 25
Teletex 211 4187 = LWA NRW
Telefax (02 11) 15 90-176
Telefon (02 11) 15 90-0
4000 Düsseldorf 1

Druck: P & W Druck und Verlag GmbH
Bamlerstraße 61 · 4300 Essen 1

Vorwort

Die Ermittlung und Abwehr von Gefahren, die von Altablagerungen und Altstandorten ausgehen können, und die vorsorgliche Berücksichtigung solcher Altlast-Verdachtsflächen bei der Bauleitplanung und bei anderen Planungen ist eine wichtige und zugleich schwierige Aufgabe.

Um den zuständigen Stellen in der kommunalen und staatlichen Verwaltung, aber auch privaten Untersuchungseinrichtungen, Gutachtern und anderen Beteiligten eine erste Arbeitshilfe zur Verfügung zu stellen, habe ich (damals: Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen) im Mai 1985 die Informationsschrift „Hinweise zur Ermittlung von Altlasten“ herausgegeben. Die Fortschreibung und die Ergänzung dieser Schrift waren von Anfang an vorgesehen.

Eine Fortschreibung der Informationsschrift wurde im Oktober 1987 mit der 1. Teillieferung der 2. Auflage begonnen. Die mit dieser Teillieferung vorgelegte eingehende Beschreibung von Sicherungs- und Sanierungsverfahren gab zugleich Anlaß, den Titel der Informationsschrift in „Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten“ zu erweitern. Weitere Teillieferungen sollen diese Schrift schrittweise zu einer umgreifenden Darstellung erweitern. Ihren Charakter als **Grundriß** soll die Schrift gleichwohl beibehalten.

Zusätzlich zu den „Hinweisen zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten“ und zu deren Ergänzung sind inzwischen mehrere **spezielle Ausarbeitungen** in Form von informellen Schriften, von allgemeinen fachbehördlichen Stellungnahmen oder Verwaltungsvorschriften bekanntgemacht worden.

Der vom Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen vorgelegte „**Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten**“ erweitert diese speziellen Ausarbeitungen auf einen bedeutsamen Teilbereich: Das Grundwasser zählt zu den von Altlasten nachhaltig bedrohten und besonders empfindlichen Schutzgütern; es ist zugleich ein maßgebliches Ausbreitungsmedium für Schadstoffe, die über bestimmte Wirkungspfade auf andere Schutzgüter einwirken.

Der Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung ist ein gewichtiger Beitrag zu effizienten Untersuchungsstrategien und einheitlichen Beurteilungshandhaben. Er ist nicht nur abgestellt auf die Aufgaben der Sonderordnungsbehörden und allgemeinen Ordnungsbehörden, sondern soll auch für flächenbezogene Planungen und Vorhaben (z. B. die Bauleitplanung) eine Hilfe bieten.

Die Beachtung dieses Leitfadens als allgemeine fachliche Stellungnahme des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen wird empfohlen.



Klaus Matthiesen
Minister für Umwelt,
Raumordnung und Landwirtschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen

Diese Schrift wurde erarbeitet von einer Arbeitsgruppe unter Federführung des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dr. rer.nat. Henning Friege

Landesamt für Wasser und Abfall NRW,
Düsseldorf

Dr. rer.nat. Wolfgang van Berk

Lebensmittelchem. 'in Mathilde Nießner

Dipl.-Ing. Paul Bachhausen

Dipl.-Chem. 'in Ursula Baiersdorf

Dipl.-Ing. 'in Ilse Pagel

Dr. rer.nat. Joachim Knie

Dr. rer.nat. Wolfgang Leuchs

Dr. rer.nat. Klaus-Peter Fehlau

Ministerium für Umwelt, Raumordnung
und Landwirtschaft NRW, Düsseldorf

Dr. rer.nat. Michael Hoffmann

Staatliches Amt für Wasser- und Abfall-
wirtschaft Münster

Dr. rer.nat. Marlies Raudschus

Staatliches Amt für Wasser- und Abfall-
wirtschaft Lippstadt

Dr. rer.nat. Diana Hein

Staatliches Amt für Wasser- und Abfall-
wirtschaft Düsseldorf

Redaktion: Dr. Wolfgang Leuchs, Dr. Henning Friege

1	Einleitung	7
2	Hinweise zur Anwendung des Leitfadens	8
3	Ermittlung der hydrogeologischen Gegebenheiten	14
3.1	Einleitung	17
3.2	Karten	18
3.3	Profile	19
3.4	Hydrologische und geologische Kartenwerke	20
4	Die Beprobung des Grundwassers	22
4.1	Aufbau des Meßstellennetzes	26
4.1.1	Orientierende Untersuchung im Unterstrom	26
4.1.2	Orientierende Untersuchung im Ober- und Unterstrom	29
4.1.3	Detailuntersuchung	30
4.2	Meßstellen	31
4.2.1	Position und Länge der Filterstrecken	31
4.2.2	Bau und Ausbau der Meßstellen	32
4.3	Entnahme der Grundwasserproben	38
5	Analytik und Bewertung	42
5.1	Orientierende Untersuchung im Unterstrom	45
5.2	Orientierende Untersuchung in Oberstrom und Unterstrom	50
5.3	Detailuntersuchungsprogramm	52
5.4	Spezielle Untersuchungsprogramme	54
5.5	Bewertung der Daten	54
5.6	Analysenverfahren	61
5.6.1	Feldmessungen	61
5.6.2	Zur Filtration von Proben	64
5.6.3	Abfüllung, Konservierung und Transport von Grundwasserproben	66
5.6.4	Analysenverfahren	66
5.7	Qualitätssicherungsmaßnahmen und Anforderungen an Untersuchungsinstitute	67
5.7.1	Mögliche Maßnahme zur Qualitätssicherung	67
5.7.2	Mindestanforderungen an die interne Laborqualitätssicherung	69
5.7.3	Apparative Mindestausstattung einer Untersuchungsstelle	70
5.7.4	Dokumentation	71
Anhang 1:	Stoffkonzentrationen im Grundwasser der verschiedenen Grundwasserregionen (tabellarische Aufstellung)	74
Anhang 2:	Konservierung von Grundwasserproben (tabellarische Aufstellung)	82
Anhang 3:	Musterformulare „Probenahmeprotokoll“, „Stammdatenerfassung“ (Landesgrundwasserdienst – LGD) und „Meßstellen-Ergänzungsstammdatens“ (Grundwasserüberwachung NRW – GWÜ)	88
Anhang 4:	Literatur	92

1. Einleitung

Der vorliegende Leitfaden enthält Hinweise und Empfehlungen für die Untersuchung und Beurteilung des Grundwassers im Zusammenhang mit "altlastverdächtigen" Altablagerungen und Altstandorten.

Er richtet sich an die dafür zuständigen Behörden, an die im Auftrag dieser Behörden tätigen Untersuchungsstellen und Sachverständigen und an die Eigentümer und Nutzungsberechtigten von Grundstücken, bei denen es sich um Altablagerungen und Altstandorte im Sinne des § 28 Abs. 2 und 3 des Abfallgesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG) handelt.

Klarstellend sei darauf hingewiesen, daß dieser Leitfaden die Vorgehensweise bei der Untersuchung und sachkundigen Beurteilung von Grundwasser in der **Umgebung** untersuchungsbedürftiger Altablagerungen und Altstandorte behandelt (Untersuchungen im Grundwassereroberstrom und im möglichen Einwirkungsbereich). Der Leitfaden betrifft demnach in erster Linie die Ermittlung und Feststellung des Sachverhalts, ob gegenwärtig von der einzelnen Altlast-Verdachtsfläche Einwirkungen auf das Grundwasser hervorgerufen werden und welche Einwirkungen nach Art und Ausmaß ggfs. bestehen.

Untersuchungen der einzelnen Altablagerung (des einzelnen Altstandortes) selbst, anhand derer die Wahrscheinlichkeit künftiger Einwirkungen prognostiziert werden soll, werden Gegenstand eines in Vorbereitung befindlichen besonderen Leitfadens sein.

Die detaillierte Darstellungsweise dieses Leitfadens sollte nicht zu dem Mißverständnis führen, daß "einfachere" Fälle nunmehr ohne ausreichende Beteiligung Sachkundiger bearbeitet werden könnten. Nachdrücklich abzuraten ist auch von einer "mechanischen" Anwendung des Leitfadens. Es ist vielmehr stets zu prüfen, ob und

inwieweit die in dem Leitfaden empfohlene Vorgehensweise an die Umstände des einzelnen Falles angepasst werden muß. Dies gilt insbesondere für Grundwasseruntersuchungen im Bereich von Festgesteinen, die in diesem Leitfaden vorerst cursorisch behandelt werden.

Um die Ausgestaltung des Leitfadens durch wissenschaftliche Grundlagen zu unterstützen, hat der Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft über den Regierungspräsidenten Arnsberg Untersuchungen über ein Konzept zur Ermittlung von Grundwassergefährdungen durch Altablagerungen und Altstandorten an das Institut für Geologie (Arbeitsbereich Hydrogeologie) der Ruhr-Universität Bochum vergeben. Unter der Projektleitung von Prof. Dr. P. Obermann sind bei diesem Vorhaben insbesondere auch 135 Untersuchungsberichte und gutachterliche Stellungnahmen zu Einzelfällen systematisch ausgewertet worden. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem Untersuchungsvorhaben sind regelmäßig in die Bearbeitung dieses Leitfadens eingeflossen. Der Untersuchungsbericht ist als Band 1 der Reihe "Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten" erschienen, die von der staatlichen Verwaltung für Wasser- und Abfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen herausgegeben wird *).

Während der Erarbeitung dieses Leitfadens hat eine Anhörung stattgefunden, an der die kommunalen Spitzenverbände, Fachverbände und staatliche Behörden, deren Belange berührt sind, beteiligt waren. Die Anregungen, Änderungs- und Ergänzungsvorschläge aus dieser Anhörung haben die vorliegende Fassung des Leitfadens maßgeblich mitbestimmt.

Aussagen des Textes sind aus Gründen der besseren Lesbarkeit in der Regel nicht mit Literaturzitaten belegt. Die grundlegenden Schriften zu den einzelnen Abschnitten sind im Anhang des Leitfadens zusammengestellt.

*) Herausgeber und Bezugsquelle für den Band 1: Der Regierungspräsident Arnsberg, Postfach, 5760 Arnsberg 2.

2. Hinweise zur Anwendung des Leitfadens

Der Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung ist eine Arbeitshilfe für einen der vielfältigen Wirkungspfade, auf denen Schadstoffe oder sonstige Einwirkungen von "altlastverdächtigen" Altblagerungen oder Altstandorten zu den verschiedenartigen Schutzgütern gelangen können. Abb. 2.1 gibt eine vereinfachte Übersicht über die wesentlichen Wirkungspfade und verdeutlicht zugleich den sachlichen Geltungsbereich dieses Leitfadens.

Die Erstbewertung wird für einzelne Altlast-Verdachtsflächen häufig zu dem Ergebnis führen, daß mehrere der in Abb. 2.1 angegebenen Wirkungspfade zu berücksichtigen sind und deshalb verschiedene "pfadspezifische" Untersuchungsprogramme angewendet oder ausgearbeitet werden müssen. Ein Beispiel für einen weiteren pfadspezifischen Leitfaden ist das "Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden" der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW.

Bei der Erarbeitung des gesamten Untersuchungsprogramms für eine Verdachtsfläche unter Zuhilfenahme solcher pfadspezifischen Programme sollte insbesondere auf eine zweckmäßige und kostenmindernde Zusammenführung der einzelnen Untersuchungsschritte und -gegenstände geachtet werden. Letztlich muß auch die Beurteilung der einzelnen Wirkungspfade in eine zusammenfassende Betrachtung einmünden.

Der vorliegende Leitfaden umfaßt zahlreiche Programmschritte von der Probenahmeplanung über die Einrichtung von Grundwassermeßstellen, die notwendigen hydrogeologischen Untersuchungen, die Probenahme, die verschiedenen analytischen Schritte, die Bewertung bis hin zur Qualitätssicherung. Mit dem Leitfaden wird eine praxisorientierte Handreichung vorgelegt. Ziel dieser Arbeit ist es, darauf hinzuwirken, daß Grundwasseruntersuchungen in der Umgebung von Altlast-Verdachtsflächen

Wirkungspfade

Quelle

Ausbreitungs- (Transfer-) medien / Schutzgüter

Vorgänge: Eintrag (Aufnahme), Ausbreitung (Übergang), Einwirkung, Wirkung

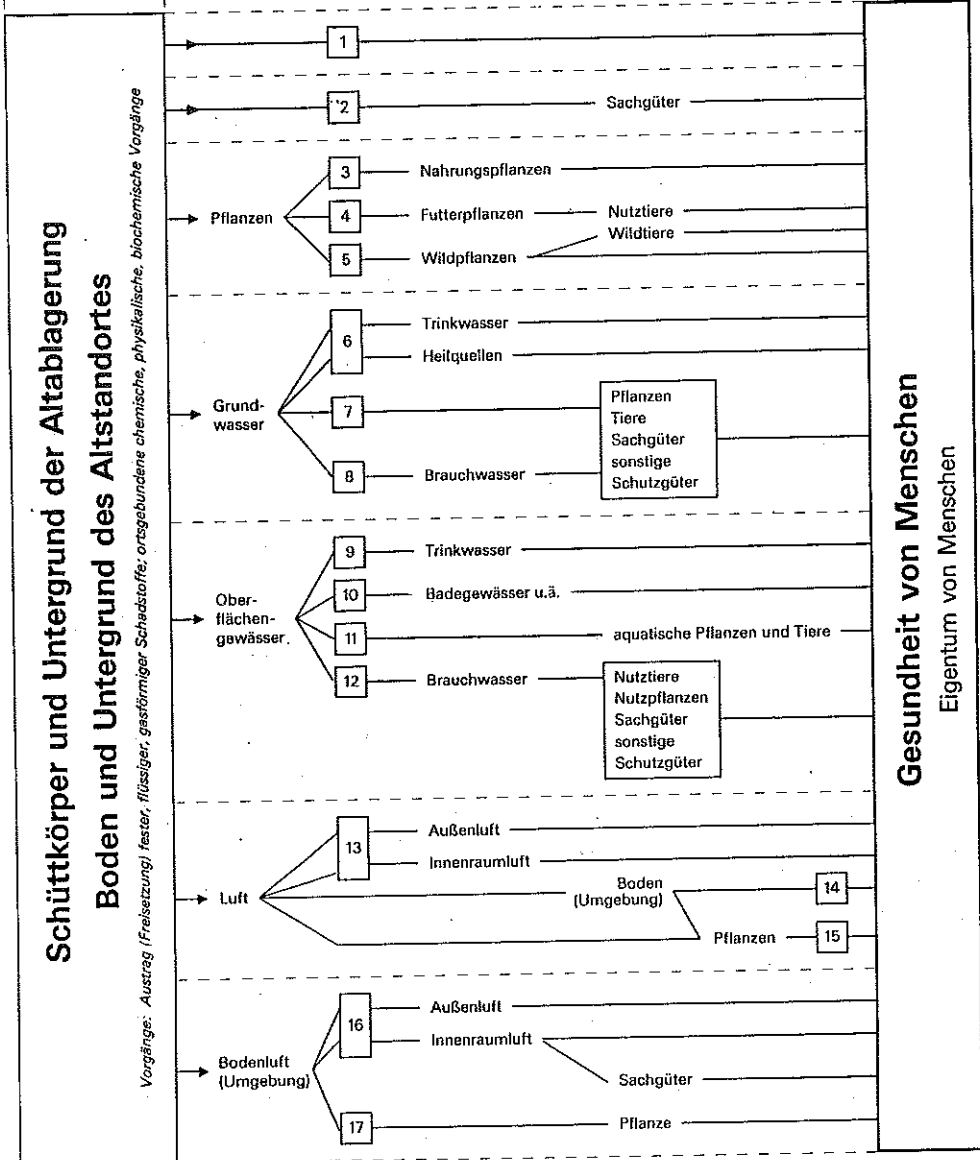


Abb. 2.1: Vereinfachte Übersicht über mögliche Wirkungspfade bei Altablagungen und Altstandorten (ungewichtet)

- nach einheitlichen Gesichtspunkten und
 - mit angemessenem Aufwand
- ausgeführt werden.

Diesen Zielen dient die Einführung einer abgestuften Strategie für die Beprobung und Untersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten, wobei

- die Ermittlung hydrogeologischer Gegebenheiten,
- die orientierende Untersuchung im Grundwasserunterstrom,
- die orientierende Untersuchung im Oberstrom und Unterstrom
- sowie die Detailuntersuchung

logisch aufeinander aufbauen. Dieser Aufbau ist im folgenden Fließbild schematisch dargestellt (Abb. 2.2).

Die Bewertung der Befunde orientiert sich

- an der Hintergrundbelastung der jeweiligen Grundwasserregion, soweit Daten verfügbar sind,
- und an den aus dem Altstandort bzw. aus der Altablagerung in das Grundwasser eingetragenen Stoffen, gemessen als Belastungsdifferenz oberstromiger und unterstromiger Meßstellen.

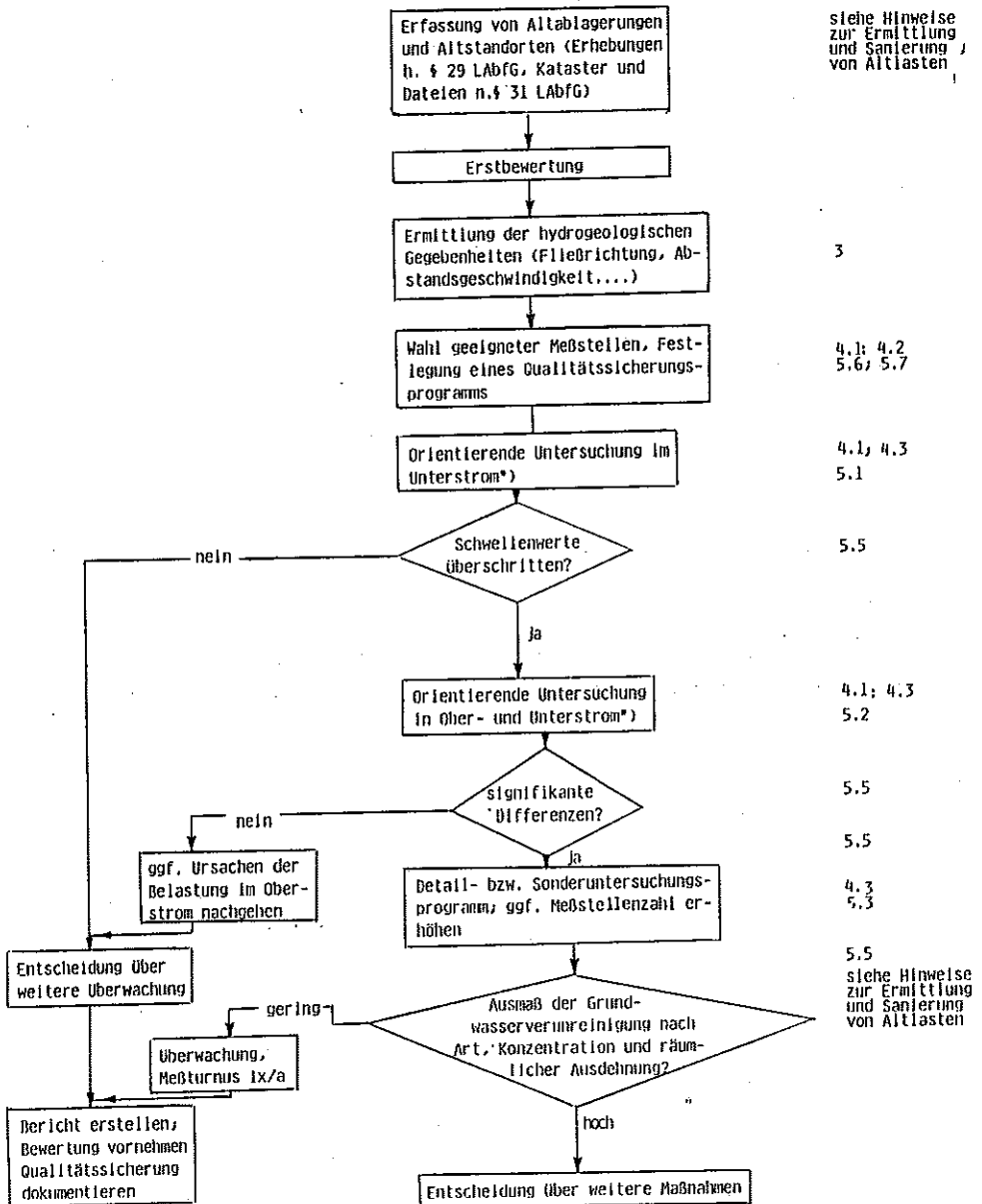
Hiermit wird der Überlegung Rechnung getragen, daß Altlast-Verdachtsflächen als potentielle "punktförmige" Emissionsquellen zu betrachten sind, deren Einwirkungen auf das Grundwasser von den örtlichen geogenen Hintergrundwerten und anderen anthropogenen Vorbelastungen abgegrenzt werden müssen. Weitergehende Untersuchungen für derartige Standorte sind nämlich nur dann sinnvoll, wenn die fragliche Verdachtsfläche einen objektivierbaren nachteiligen Einfluß auf die Grundwasserqualität ausübt.

Die Altlastenproblematik mit ihren diffizilen Fragestellungen erfordert Untersuchungskonzepte aus einem Guß. Für eine Zusammenfassung der vorgenannten Teilschritte in einer Hand oder die durchgängige Steuerung durch eine koordinierende Stelle

Abb. 2.2: Ablauf von Grundwasseruntersuchungen bei Altstandorten und Altablagerungen

siehe Abschnitt

siehe Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten



*) Zur gleichzeitigen Ausführung dieser beiden Untersuchungsschritte siehe Abschnitt 4.1

sollte deshalb gesorgt werden. Diese Forderung wird unmittelbar einsichtig, wenn man bedenkt, daß die Bewertung der am Ende einer Untersuchung vorliegenden Analysendaten nur dann sinnvoll durchgeführt werden kann,

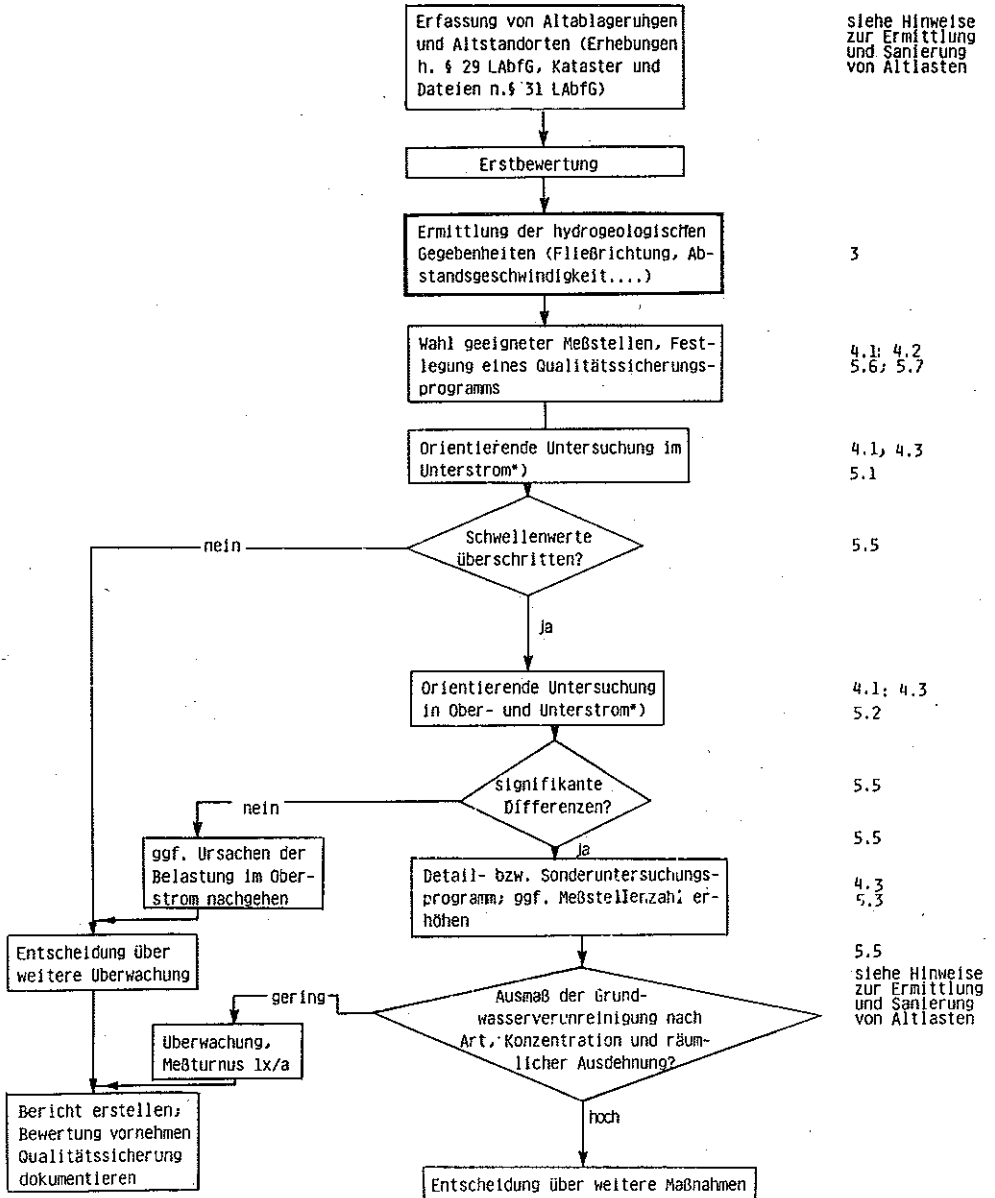
- wenn die Fragestellungen zuvor eindeutig definiert wurden,
- wenn Probenahme- und Analytikkonzept auf die Fragestellung zugeschnitten wurden,
- wenn die erhaltenen Daten unter Berücksichtigung aller Nebenbedingungen und der Ergebnisse der Qualitätssicherung diskutiert wurden.

Läßt sich die Aufteilung des Untersuchungskomplexes unter mehreren Auftragnehmern nicht umgehen, könnte eine mangelnde Zusammenarbeit einzelner Auftragnehmer zur massiven Fehlinterpretation der Ergebnisse im Hinblick auf Gefährdungspotential und Sanierungsalternativen führen, zumindest aber würden sich daraus erhebliche Zeitverluste oder finanzielle Mehrausgaben ergeben.

Daher wird dem einzelnen Auftraggeber dringend empfohlen, die zu bewältigende Aufgabe klar und präzise zu beschreiben und für eine fachlich kompetente Koordination der Arbeiten zu sorgen.

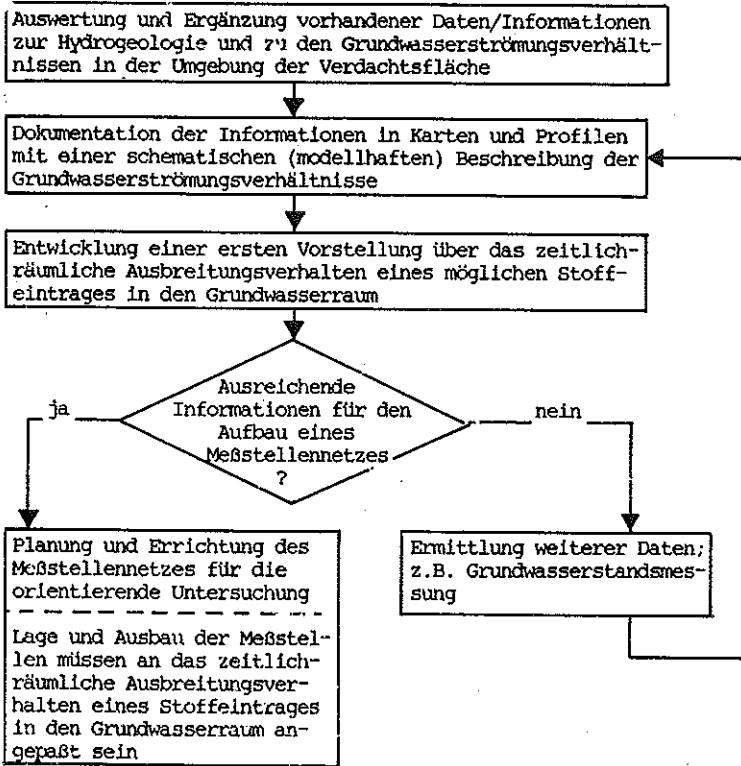
3. Ermittlung der hydrogeologischen Gegebenheiten

siehe Abschnitt



*) Zur gleichzeitigen Ausführung dieser beiden Untersuchungsschritte siehe Abschnitt 4.1

Das folgende detaillierte Fließbild zeigt den Arbeitsablauf für die im Abschnitt 3 beschriebene Ermittlung der hydrogeologischen Gegebenheiten



3.1 Einleitung

Ist nach dem Ergebnis der Erstbewertung einer Altablagerung oder eines Altstandortes vorgesehen, Untersuchungen über Einwirkungen auf das Grundwasser durchzuführen, sollten zunächst alle vorliegenden Unterlagen und Informationen zur Hydrogeologie und zu den Grundwasserströmungsverhältnissen in der Umgebung der Verdachtsfläche ausgewertet und dokumentiert werden. Hierzu ist insbesondere das hydrologische und geologische Kartenwerk für Nordrhein-Westfalen (3.4) zu benutzen, aktuelle Grundwasserstände werden beim Landesamt für Wasser und Abfall NRW (LWA) erfaßt und ausgewertet. In einzelnen Fällen kann es zweckmäßig sein, schon im Rahmen dieser vorbereitenden Arbeiten bestimmte örtliche Untersuchungen vorzunehmen.

Bei Klufftgrundwasserleitern empfiehlt es sich, z.B. zur Abschätzung der Hauptbewegungsbahnen des Grundwassers tektonische Erkundungen durchzuführen.

Die Ergebnisse der hydrogeologischen Ermittlungen sollten durch die im weiteren Untersuchungsablauf neu gewonnenen Erkenntnisse jeweils aktualisiert werden.

Die Dokumentation sollte in Form von

- hydrogeologischen Karten (3.2)
 - und
 - hydrogeologischen Profilen (3.3)
- mit textlichen Erläuterungen erfolgen.

Die aus den hydrogeologischen Gegebenheiten abgeleitete Vorstellung zum Ausbreitungsverhalten der in den Grundwasserraum eingetragenen Stoffe kann durch andere Phänomene überlagert werden. So breiten sich z.B. Phasenkörper mit schwerlöslichen Flüssigkeiten oder auch Wässer mit großen Salzgehalten (Dichteströmungen) nicht den Grundwasserströmungsverhältnissen entsprechend aus.

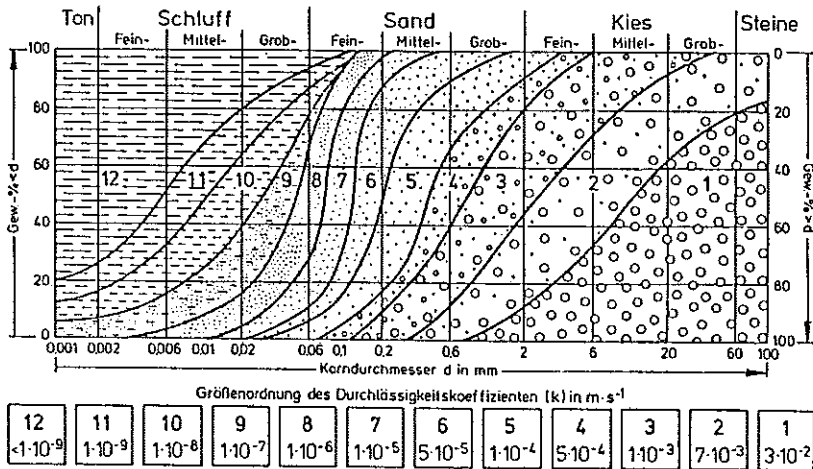
Solche Umstände müssen für die Planung des Meßstellennetzes berücksichtigt werden.

3.2 Karten

In Karten mit angemessenem Maßstab sollten dargestellt werden:

- Ausstrichverteilung der Gesteinsfolgen des Grundwasserleiters im 1. Grundwasserstockwerk in Form einer abgedeckten geologischen Karte, also ohne die Darstellung des überlagernden grundwasserfreien Gebirges (Darstellung im Niveau der Grundwasseroberfläche).
- Angaben zur Lithologie (Gesteinsausbildung) und Stratigraphie (Alterseinstufung) des Grundwasserleiters.
- Bei Lockergesteinen die jeweiligen Korngrößenklassen und Durchlässigkeiten (Durchlässigkeitsstufen) des Grundwasserleiters nach folgender Einteilung (Abb. 3.1) entsprechend den Kornsummenkurven.

Abb. 3.1: Korngrößenklassen und Durchlässigkeiten der Lockergesteine 1)



1) Nach: Legende der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen
1 : 25.000

- Bei Festgesteinen die jeweilige Gebirgsdurchlässigkeit in der Auflockerungszone mit Angabe der mittleren Gebirgsdurchlässigkeit und deren Bandbreite (vgl.: Legende der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25.000)
- Oberirdische Gewässer
- Grundwassergleichen
- Grundwasserströmungsrichtung mit Angabe der (horizontalen) Abstandsgeschwindigkeit
 - . Aktuelle Fließrichtung (mit Datumsangaben)
 - . Hauptabstromrichtung (für einen bestimmten Zeitraum)
- Lage und Art von Grundwasseraufschlüssen unter Verwendung der Zeichen der Hydrologischen Karte von Nordrhein-Westfalen
- Flurabstände
- Lage der Verdachtsfläche.

3.3 Profile

Durch Profile in Grundwasserfließrichtung und senkrecht dazu sollten dargestellt werden:

- Lithologie und stratigraphische Zuordnung der Schichtglieder im Schichtprofil mit der Darstellung der Höhenlage (bezogen auf NN) von
 - . Geländeoberfläche
 - . Grundwasseroberfläche
 - . Grundwasserunterfläche
 - . Grundwasserhemmschicht (en)
 für den jeweiligen Grundwasserleiter
- Grundwasserfließrichtung (möglichst auch mit einer Abschätzung einer eventuell ausgeprägten Vertikalkomponente der Grundwasserströmung),
- Lage und Art von Grundwasseraufschlüssen,
- Oberflächengewässer,
- Lage und Art von bevorzugten Wasserwegsamkeiten in Festgesteinen.

Zusätzlich zur Darstellung dieser Informationen in Karten und Profilen sollen folgende Größen ermittelt, berechnet oder in ihrer Größenordnung abgeschätzt werden, jeweils bezogen auf den Bereich des Grundwasserleiters am abstromigen Rand der Verdachtsfläche und in Grundwasserfließrichtung (Bezeichnung nach DIN 4049; Teil 1):

- Grundwassermächtigkeit (h_{GW} ; m)
- Durchlässigkeit (k_f ; m/s)
- Transmissivität (T_{GW} ; m^2/s)
- Grundwasserquerschnittsfläche (A_{GW} ; m^2)
- Durchflußwirksamer Hohlraumanteil (n_f)
- Filtergeschwindigkeit (v_f ; m/s)
- Abstandsgeschwindigkeit (v_a ; m/s)
- Grundwasserdurchfluß (Q ; m^3/s)

$$Q = v_f \cdot A_{GW}$$

3.4 Hydrologische und geologische Kartenwerke

Folgende Kartenwerke bzw. Informationen stehen u.a. für bestimmte Bereiche in Nordrhein-Westfalen als Hilfsmittel für die Ermittlungen zur Verfügung:

- 1) Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25.000
- 1a) Hydrogeologisches Kartenwerk der Wasserwirtschaftsverwaltung von NRW 1: 25.000
- 2) Hydrologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirks 1 : 10.000
- 3) Hydrologische Karte des Ibbenbürener Steinkohlenbezirks 1 : 10.000
- 4) Grundwasserstände unter Flur; Stand Oktober 1963; 1 : 50.000
- 5) Grundwasserhöhengleichen von NRW; Stand Oktober 1963, Oktober 1973; 1 : 50.000
- 6) Hydrogeologische Karte von NW; 1 : 100.000 (HK 100)
- 7) Hydrogeologische Karte von NW; 1 : 50.000 (HK 50)
- 8) Hydrogeologische Karte von NW; 1 : 25.000 (HK 25)
- 9) Ingenieurgeologische Karte; 1 : 25.000

- 10) Geologische Karte von NW; 1 : 100.000
- 11) Geologische Karte von NW; 1 : 25.000
- 12) Bodenkarten; 1 : 25.000; 1 : 50.000; 1 : 100.000 (BK 25, BK 50, BK 100)

Herausgeber:

- 1), 4), 5) Landesamt für Wasser und Abfall NW
- 2), 3) Westfälische Berggewerkschaftskasse Bochum
- 6) - 12) Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen

4. Beprobung des Grundwassers

Ablauf von Grundwasseruntersuchungen bei Altstandorten und Altablagerungen

siehe Abschnitt

Erfassung von Altablagerungen und Altstandorten (Erhebungen h. § 29 LAbfG, Kataster und Dateien n.§ 31 LAbfG)

siehe Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten

Erstbewertung

Ermittlung der hydrogeologischen Gegebenheiten (Fließrichtung, Abstandsgeschwindigkeit....)

3

Wahl geeigneter Meßstellen, Festlegung eines Qualitätssicherungsprogramms

4.1; 4.2
5.6; 5.7

Orientierende Untersuchung im Unterstrom*)

4.1, 4.3
5.1

Schwellenwerte überschritten?

5.5

ja

Orientierende Untersuchung in Ober- und Unterstrom*)

4.1; 4.3
5.2

signifikante Differenzen?

5.5

nein

ggf. Ursachen der Belastung im Oberstrom nachgehen

5.5

ja

Detail- bzw. Sonderuntersuchungsprogramm; ggf. Meßstellenzahl erhöhen

4.3
5.3

Entscheidung über weitere Überwachung

5.5

gering

Überwachung, Meßturnus 1x/a

siehe Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten

Ausmaß der Grundwasserunreinigung nach Art, Konzentration und räumlicher Ausdehnung?

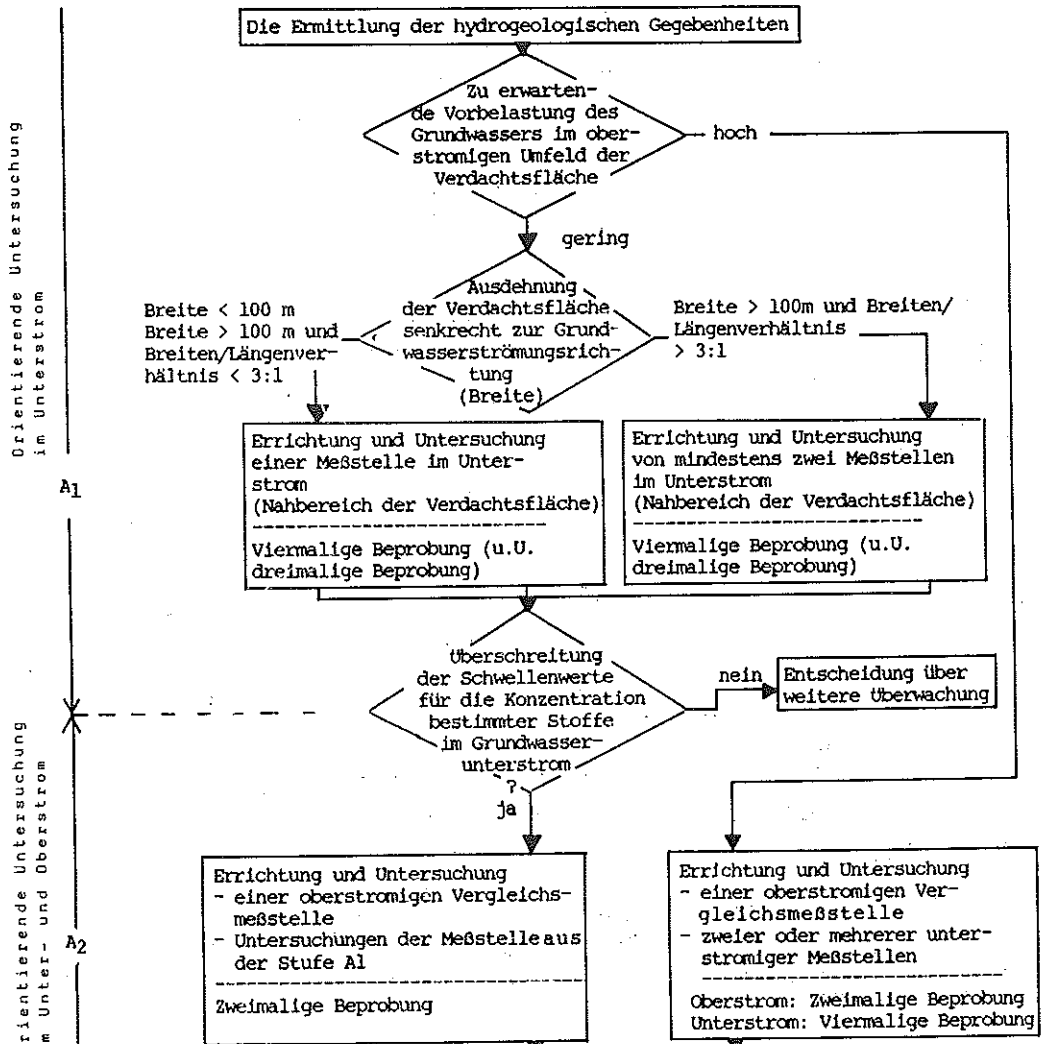
hoch

Entscheidung über weitere Maßnahmen

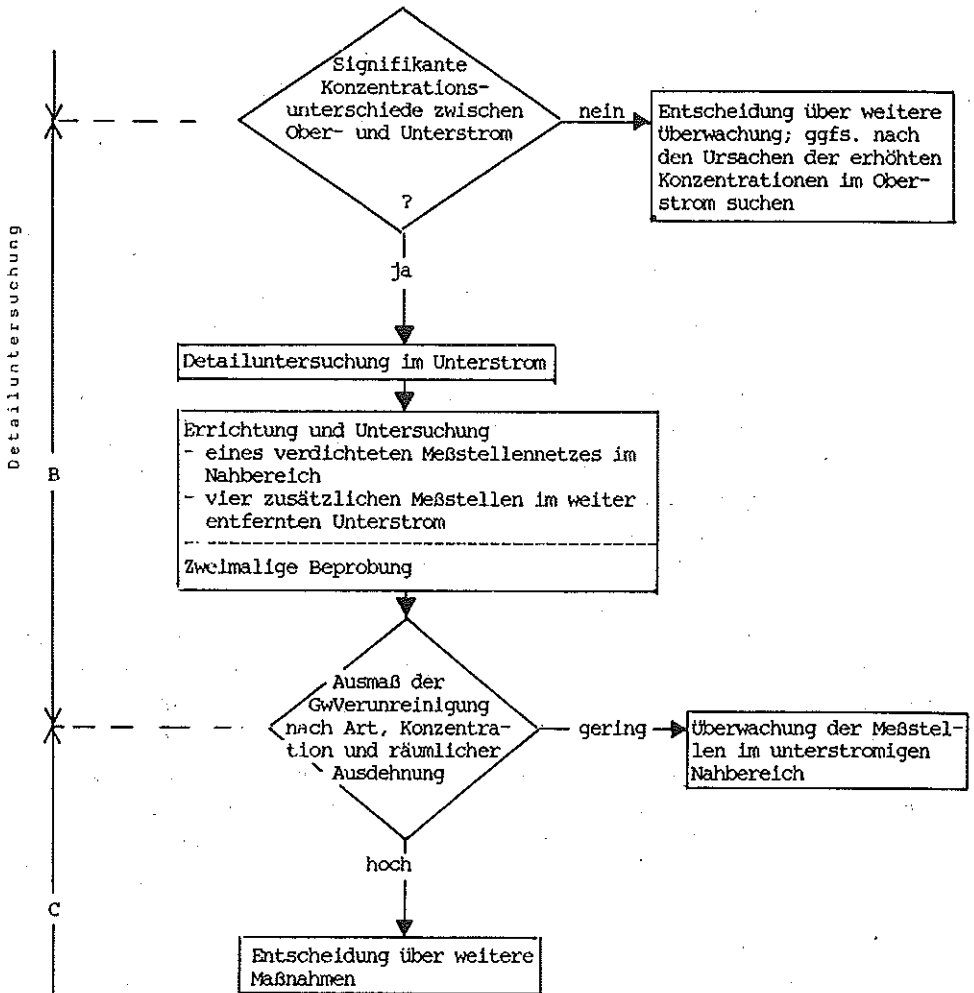
Bericht erstellen; Bewertung vornehmen; Qualitätssicherung dokumentieren

*) Zur gleichzeitigen Ausführung dieser beiden Untersuchungsschritte siehe Abschnitt 4.1

Das folgende Fließschema zeigt die im Abschnitt 4 beschriebenen Arbeitsschemen im Detail:



*) Falls in der Untersuchungsstufe A1 nur eine Meßstelle errichtet und untersucht wurde, soll zusammen mit der oberstromigen Vergleichsmeßstelle eine weitere unterstromige Meßstelle errichtet und untersucht werden.



4.1 Aufbau des Meßstellennetzes

4.1.1 Orientierende Untersuchung im Unterstrom (Stufe A1)

Die orientierende Untersuchungsphase ist zweistufig angelegt;

- In der ersten Stufe (A1) der Untersuchungsphase soll mit der Beprobung und Untersuchung des Grundwassers aus dem Unterstrom der Altlastverdachtsfläche erkannt werden, ob das unterstromige Grundwasser im Randbereich der Verdachtsfläche im Vergleich zur Umgebung höhere Stoffkonzentrationen oder ein verändertes hydrochemisches Milieu (O₂, pH, Eh) aufweist.
- In der zweiten Stufe (A2) soll durch den Vergleich der Grundwasserbeschaffenheit zwischen Oberstrom und Unterstrom der Verdachtsfläche geklärt werden, ob ein Stoffeintrag aus der Altablagerung oder dem Altstandort das Grundwasser (nachteilig) beeinflusst.

Die zweite Stufe der orientierenden Untersuchung wird also nur dann notwendig, wenn die Grundwasserbeschaffenheit im Unterstrom durch höhere Konzentrationen als das beeinflusste Umfeld der Verdachtsfläche gekennzeichnet ist (vgl. Schwellenwerte im Abschn. 5). Bei voraussichtlich hoher Belastung des Grundwassers im Oberstrom der Verdachtsfläche sollte zusammen mit den Meßstellen im Unterstrom auch die Vergleichsmeßstelle im Oberstrom errichtet werden.

Lage der Meßstellen

Mit der Beprobung von zunächst einer Meßstelle im Unterstrom wird die aktuelle Beschaffenheit des Grundwassers der Verdachtsfläche nur in einem Punkt erfaßt. Deshalb muß sichergestellt sein, daß die Meßstelle auch tatsächlich im Bereich des durch einen Stoffaustrag der Verdachtsfläche beeinflussten Grundwassers liegt.

Sie muß daher

- im Unterstrom außerhalb der Verdachtsfläche,
- im Bereich der vermutlich höchsten Belastung (längster Fließweg unterhalb der Verdachtsfläche oder einer Punktquelle) liegen.

Der Abstand der Meßstelle vom Rand der Verdachtsfläche sollte möglichst kleiner als etwa 10% der Fließstrecke des Grundwassers unterhalb der Verdachtsfläche sein.

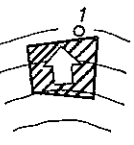
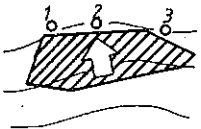
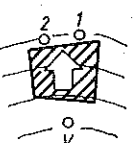
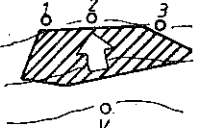

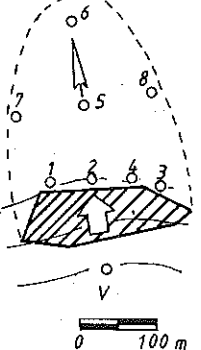
In Kluftgrundwasserleitern kann der sicherste Nachweis eines möglichen Stoffeintrages dadurch erfolgen, daß das Grundwasser unter der Verdachtsfläche beprobt wird. Dabei muß durch geeignete technische Maßnahmen sichergestellt werden, daß beim Bau solcher Meßstellen keine nachträgliche Grundwasserunreinigung erfolgt. Sofern dennoch unterstromige Meßstellen eingerichtet werden und dort keine erhöhten Stoffkonzentrationen im Grundwasser auftreten, sollte durch Tracerversuche nachgewiesen werden, daß Stoffeinträge aus der Verdachtsfläche die unterstromige Meßstelle auch erreichen können. Dabei sollte der Tracer linienhaft am oberstromigen Rand der Verdachtsfläche (z.B. über Sickergräben) quer zur Grundwasserströmungsrichtung eingegeben werden.

Anzahl der Meßstellen

Im Unterstrom genügt eine einzelne Meßstelle, wenn die Ausdehnung der Verdachtsfläche senkrecht zur Grundwasserfließrichtung (Breite) kleiner als 100 m ist. Bei Breiten über 100 m sind erst bei Breiten/Längen-Verhältnissen über 3 : 1 weitere Meßstellen in unterstromigen Randbereich sinnvoll.

Zusätzliche Meßstellen sind auch in den Fällen erforderlich, in denen die Grundwasserfließrichtung nicht eindeutig erfaßt ist oder wechselt.

Abb. 4.1:

		Meßstellennetz		Meßturnus
		Fallbeispiel 1: Breite < 100 m, isometrisch	Fallbeispiel 2: Breite > 100 m, Breite zu Länge > 3 zu 1	
Orientierende Untersuchung	Stufe A1			4 Probenahmen (PN) pro Jahr (oder 3 PN pro Jahr sofern nach 3. PN eindeutige Überschreitung der Hintergrundkonzentration); Fallbeispiel 1: 4 PN Fallbeispiel 2: 12 PN
	Stufe A2			2 PN über einen Zeitraum von 6-9 Monaten; alle Meßstellen Fallbeispiel 1: 6 PN insges. 10 Fallbeispiel 2: 8 PN insges. 20
Detailuntersuchung (Stufe B)				2 PN über einen Zeitraum von 6-9 Monaten; alle Meßstellen Unterstrom Fallbeispiel 1: 12 PN insges. 22 Fallbeispiel 2: 16 PN insges. 36

Lage und Anzahl von Grundwassermeßstellen in den verschiedenen Untersuchungsphasen sowie Meßturnus; sofern die Untersuchungsstufen A 1 und A 2 kombiniert werden, sollten Beprobungen in häufigerem Turnus als bei A 2 angegeben durchgeführt werden.

Zeichenerklärung:

Schraffur: Altlast-Verdachtsfläche; Kreise: Gw-Meßstellen (V = Vergleichsmeßst. im Oberstr.); ausgezogene Linie:

Grundwassergleichen

gestrichelte Linie: vermutete Ausdehnung der Kontaminationsfahne;

Pfeil, dick: aktuelle, mittlere Grundwasserströmungsrichtung;

Pfeil, dünn: über den Zeitraum des Stoffaustrages rekonstruierte mittlere Grundwasserströmungsrichtung

Meßturnus

Die Meßstellen im Unterstrom sind verteilt über den Zeitraum eines Jahres viermal zu beproben. Eine dreimalige Beprobung reicht aus, wenn nach der dritten Beprobung festgestellt wird, daß die Schwellenwerte (Tab. 5.5.1) eindeutig überschritten werden.

4.1.2 Orientierende Untersuchung im Ober- und Unterstrom (Stufe A2)

Lage der Vergleichsmeßstelle im Oberstrom

Um eine Vergleichsmessung im Oberstrom zu ermöglichen, muß die Meßstelle so gewählt werden, daß sie für das die Verdachtsfläche anströmende Grundwasser repräsentativ ist.

Ihr Abstand zur Verdachtsfläche sollte ca. 40-60% der Fließstrecke des Grundwassers unterhalb der Verdachtsfläche betragen (siehe Abb. 4.1 a und f).

Lage und Anzahl der Meßstellen im Unterstrom

Sofern in der Stufe A1 nur eine unterstromige Meßstelle errichtet und beprobt wurde, ist zusammen mit der Vergleichsmeßstelle eine weitere Meßstelle im unterstromigen Randbereich der Verdachtsfläche einzurichten und zu untersuchen. Diese sollte mit der ersten unterstromigen Meßstelle (Stufe A1) eine Linie ungefähr senkrecht zur aktuellen Grundwasserfließrichtung bilden.

Meßturnus

Alle Meßstellen aus Ober- und Unterstrom werden in der Stufe A2 über den Zeitraum von 6-9 Monaten je zweimal beprobt. Dies bezieht auch die in der Stufe A1 schon mehrfach beprobten Meßstellen mit ein.

Liegen die mit der zweiten Beprobung ermittelten Stoffkonzentrationen deutlich unter den Meßwerten der ersten Beprobung, so sollte, da eine Verschleppung von Schadstoffen z.B. beim Bau der Meßstelle nicht auszuschließen ist, immer noch eine dritte Probe genommen und analysiert werden. Bei erheblichen Differenzen zwischen den mit der zweiten Beprobung ermittelten Stoffkonzentrationen empfiehlt sich ebenfalls eine dritte Beprobung. Sofern die Untersuchungsstufen A1 und A2 kombiniert werden, ist eine häufigere Beprobung, als für Stufe A2 angegeben, sinnvoll.

4.1.3 Detailuntersuchung (Stufe B)

Gibt es bei der Stufe A2 der orientierenden Untersuchung signifikante Konzentrationsunterschiede zwischen Ober- und Unterstrom (Abschnitt 5.5), so sind im Rahmen der sich daran anschließenden Detailuntersuchung weitere unterstromige Meßstellen zu errichten und zu beproben. Neben einer Verdichtung des Meßstellennetzes im unterstromigen Randbereich der Altlast soll nun auch die Ausdehnung der Belastung im Grundwasserkörper des weiteren Unterstrombereichs festgestellt werden.

Lage und Anzahl der Meßstellen im Nahbereich

In diesem Stadium der Untersuchung sollte der unterstromige Nahbereich über die gesamte Ausdehnung der Altlast senkrecht zur aktuellen Grundwasserfließrichtung etwa gleichmäßig mit Meßstellen besetzt sein. Anzustreben ist dabei ein seitlicher Abstand der Meßstellen von ca. 50 m zueinander. Die bestehende Meßstellenreihe (A1 und A2) ist durch die zusätzlich notwendigen Meßstellen zu ergänzen.

Lage und Anzahl weiterer Meßstellen

Die Meßstellen sind so anzuordnen, daß die Ausdehnung der Verunreinigungsfahne festgestellt werden kann. Deshalb sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Zeitraum des Stoffeintrages der Altlast in das Grundwasser,
- mittlere Strömungsrichtung des Grundwassers im Unterstrom,
- Fließstrecke des Grundwassers, abgeleitet aus der Abstandsgeschwindigkeit und dem Zeitraum des Stoffeintrages.

Hinweise für die zweckmäßige Anordnung der Meßstellen bei der Detailuntersuchung finden sich beispielhaft für zwei typische Fälle in Abb. 4.1 e und f. Diese Hinweise gelten aber nur unter folgenden Randbedingungen:

- Die Abstandsgeschwindigkeit der Grundwasserströmung ist kleiner als ca. 50 m/a ist.
- Über den Zeitraum des Stoffaustrags darf die Grundwasserströmungsrichtung nicht erheblich variieren. (max. 45° zur mittleren Grundwasserströmungsrichtung).
- Die Ausdehnung der Belastungsfahne in Grundwasserströmungsrichtung ist kleiner als etwa 1000-1500 m.

Meßturnus

Alle unterstromigen Meßstellen der orientierenden und der Detailuntersuchung sollen etwa zeitgleich über den Zeitraum von 6-9 Monaten zweimal beprobt werden.

4.2 Meßstellen

4.2.1 Position und Länge der Filterstrecken

Die Grundwassermeßstellen sollten grundsätzlich über die gesamte Mächtigkeit des oberflächennächsten Grundwasserstockwerks verfiltert sein.

Nur solchen Meßstellen können nämlich Mischwasserproben entnommen werden, die repräsentativ für die gesamte Grundwassermächtigkeit im Bereich der Meßstelle sind.

Diese Proben sind in ihrer Beschaffenheit untereinander vergleichbar und ermöglichen in Unkenntnis eines eventuellen tiefenspezifischen Transports von Schadstoffen einen möglichst sicheren Nachweis der Verunreinigung.

In besonderen Fällen kann zur Kostenminimierung bei mächtigen Grundwasserleitern die Filterstrecke auf ca. 30 m (Porengrundwasserleiter) bzw. auf ca. 60 m (Kluftgrundwasserleiter) begrenzt bleiben. Die Möglichkeit einer Beeinträchtigung tieferer Bereiche des Grundwassers durch Phasenkörper oder Dichteströmungen ist zu berücksichtigen.

Befindet sich in den obersten 30 m der grundwassererfüllten Mächtigkeit eine Schichtgrenze zwischen einem Porengrundwasserleiter und einem Kluftgrundwasserleiter sollten die Meßstellen zunächst nur im überlagernden Porengrundwasserleiter verfiltert sein. Erst wenn hier gegenüber dem Umfeld der Verdachtsfläche erhöhte Stoffkonzentrationen im Grundwasser nachgewiesen werden, sollten alle weiteren Meßstellen auch im Kluftgrundwasserleiter verfiltert werden. Sofern aus dem unterschiedlich lithologischen Aufbau der beiden Grundwasserleiter ein unterschiedliches Ausbreitungsverhalten resultiert, muß natürlich auch die Lage der Meßstellen im jeweiligen Grundwasserleiter diesem Ausbreitungsverhalten gerecht werden.

4.2.2 Bau und Ausbau der Meßstellen

In diesem Leitfaden werden Fragen des Arbeitsschutzes nicht behandelt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß beim Bau von Meßstellen, bei der Probenahme usw. über die im Baugewerbe üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen hinaus weitere Maßnahmen erforderlich werden können (z.B. bei Ausgasungen).

Bohrverfahren

Die zur Errichtung der Meßstellen notwendigen Bohrungen sollten, wenn immer von den geologischen Gegebenheiten her möglich mit Trockenbohrverfahren niedergebracht werden. Auch der Einsatz von Trinkwasser, Standortwasser bzw. Druckluft bei Rotary-Bohrungen zur Spülung und zum Austrag des Bohrgutes kann die Beschaffenheit des zu beprobenden Grundwassers (z.B. durch Belüftung) vorübergehend verändern. Spülungszusätze dürfen auf keinen Fall die Beschaffenheit des Grundwassers beeinflussen. Wenn sie aus bohrtechnischen Gründen unvermeidbar sind, müssen sie also vollständig aus der Meßstelle, dem Ringraum und dem umgebenden Grundwasserleiter entfernt werden. Auf keinen Fall sollten jedoch Cellulosederivate verwendet werden, da diese mikrobiell im Grundwasser abgebaut werden und deshalb eine Veränderung des gesamten hydrochemischen Milieus bewirken.

Zur Dokumentation und für die Bestimmung der hydromechanischen Eigenschaften (bei Lockergesteinen die Kornverteilung) und der chemisch-mineralogischen Eigenschaften der Feststoffe des Grundwasserleiters ist eine ausreichende Zahl von Proben des Bohrgutes zu entnehmen. Untersuchungen des Bohrgutes aus dem Bereich des Grundwasserleiters können weitere Aufschlüsse über dort angereicherte Schadstoffe ergeben.

In Kluftgrundwasserleitern muß beim Niederbringen von Bohrungen (z.B. mit Druckluftspülungen) darauf geachtet werden, daß Wasserzutritte beim Bohrfortschritt erkannt und im Schichtenverzeichnis dokumentiert werden, um die Ausbaulänge der Filterstrecke daran auszurichten.

Ausbau (DN 125 und DN 50)

Die Meßstellen sollen mit Filterrohr bzw. Vollrohr (DN 125) ausgebaut werden. Dazu empfiehlt es sich, die Bohrung mit einem Durchmesser von mindestens 300 mm auszuführen.

Unter bestimmten Bedingungen können die Meßstellen zur Senkung der Kosten auch mit DN 50-Filterrohr bzw. Vollrohr ausgebaut werden. Bei der Festlegung des Ausbaudurchmessers ist die Transmissivität zu berücksichtigen, damit das Grundwasser mit einer Förderleistung von wenigstens 0,1 l/s abgepumpt werden kann, ohne eine zu große Absenkung des Grundwasserspiegels in der Meßstelle zu bewirken (siehe Abschn. 4.3).

Generell soll die Filterstrecke über die gesamte grundwassererfüllte Mächtigkeit - vom höchsten zu erwartenden Grundwasserstand bis zur Grundwasserunterfläche - reichen. Dabei ist darauf zu achten, daß das untere Ende des Filterrohrs mit einem Kappenverschluß versehen wird und - ohne Sumpfrohr - im Niveau der Grundwasserunterfläche endet (siehe Abb. 4.2). Mit Abstandshaltern kann die Zentrierung der Verrohrung im Ringraum erreicht werden. Der Ringraum ist mit geeignetem Filterkies zu verfüllen, dessen Körnung gemäß DIN 4924 auf die Eigenschaften des Grundwasserleiters abzustimmen ist. In Bereichen von linsig ausgebildeten Schluffeinlagerungen sollte der Ringraum mit feinsandigem Filtermaterial verfüllt (abgestimmte Schlitzweite des Filterrohrs) und nicht mit Abdichtungsstrecken versehen werden, um auch aus diesen Schichten einen Grundwasserzutritt in die Meßstelle zu ermöglichen.

Als Material für die Verrohrung und die Abstandshalter wird häufig PVC-hart (farblos) eingesetzt. Bei Grundwässern mit hoher Belastung durch organische Stoffe, insbesondere chlorierte Kohlenwasserstoffe, können undefinierte Wechselwirkungen dieser Stoffe mit der PVC-Verrohrung die zu messenden Stoffkonzentrationen beeinflussen.

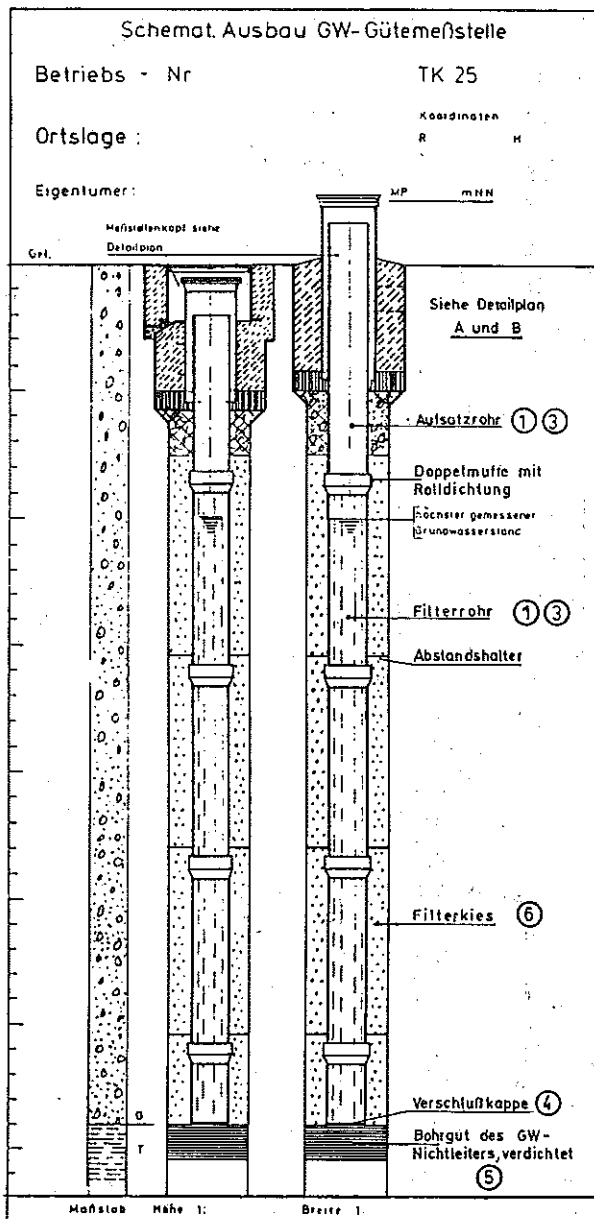


Abb. 4.2: Regelausbau einer Grundwassermeßstelle (DN 125)

a: Übersicht

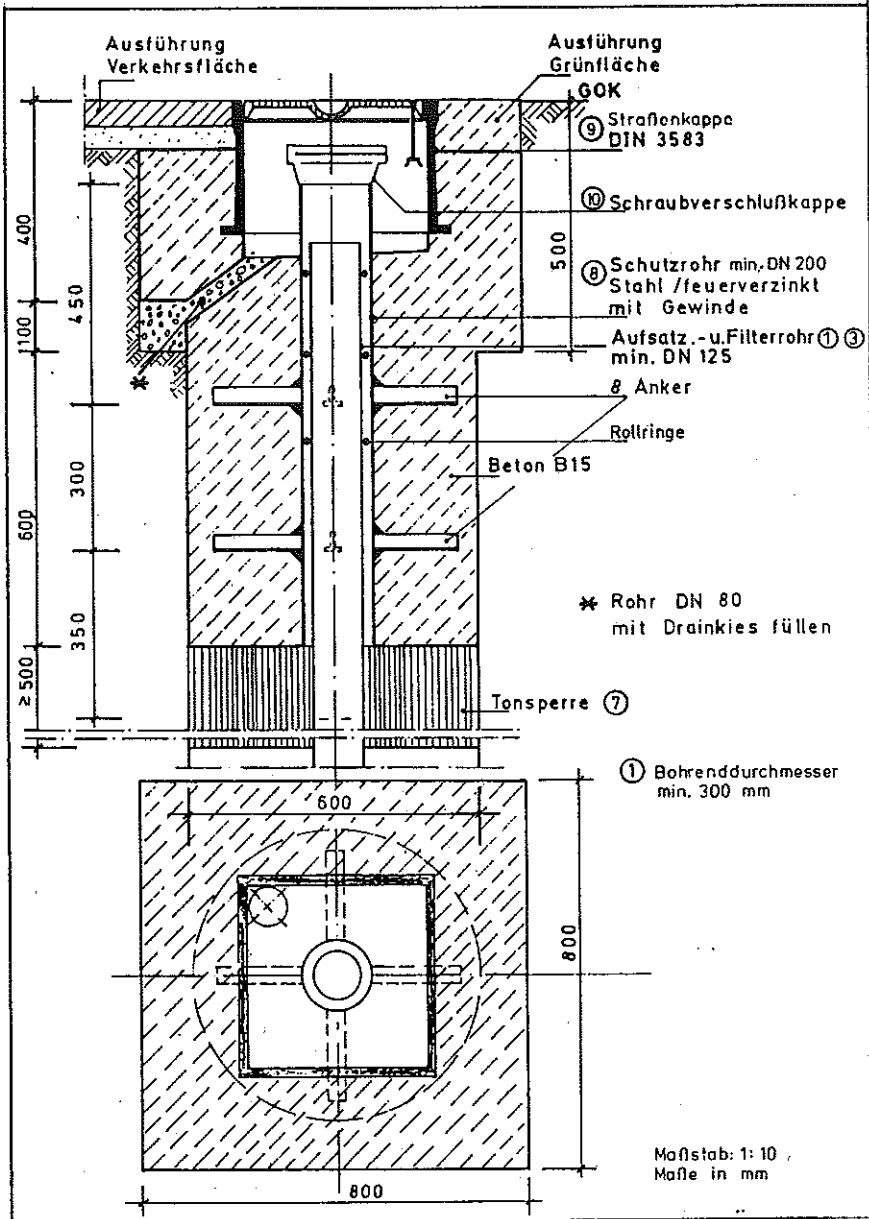


Abb. 4.2: Regelausbau einer Grundwassermeßstelle (DN 125)
b: Detailplan A für Meßstellenkopf flurgleich

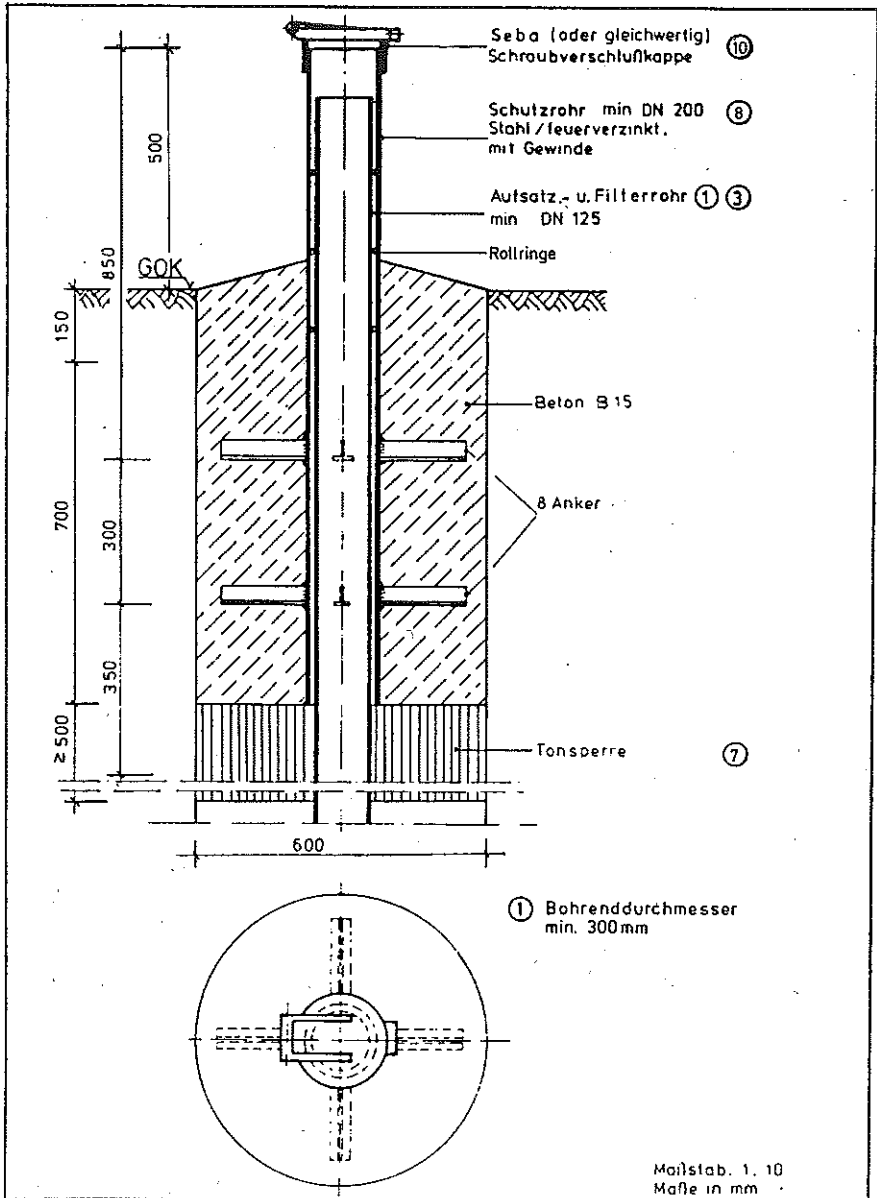


Abb. 4.2: Regelausbau einer Grundwassermeßstelle (DN 125)
c: Detailplan B für Meßstellenkopf über Flur

In speziellen Fällen kann deshalb für weitere Untersuchungsstufen ein Ausbau mit Edelstahlverrohrung notwendig werden.

Nach dem Ausbau ist die Grundwassermeßstelle nach Lage und Höhe einzumessen. Bezugspunkt für deren Höhe ist die Rohroberkante (Schutzrohr).

Klargumpen

Nach der Fertigstellung der Meßstelle muß vor der ersten Entnahme einer Probe ausreichend lange klargepumpt werden, um das Grundwasservolumen, das eventuell durch den Bau der Meßstelle in seiner Beschaffenheit beeinflußt worden ist, aus dem Zustrombereich der Meßstelle zu entfernen. Abhängig von der Ergiebigkeit des Grundwasserleiters und von dem angewandten Bohrverfahren kann dies mehrere Stunden in Anspruch nehmen.

Ein detailliertes Pumpprotokoll mit Angaben zur Absenkung des Grundwasserspiegels in der Zeit und als Funktion des geförderten Volumenstroms sowie zum Wiederanstieg soll Hinweise auf hydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters liefern.

4.3 Entnahme der Grundwasserproben

Abpumpen der Meßstelle vor der Beprobung

Aus dem Pumpprotokoll kann abgeleitet werden, mit welcher Förderleistung das Abpumpen vor und bei der Beprobung betrieben werden muß. Es ist sicherzustellen, daß mindestens das doppelte Volumen abgepumpt wird, das dem wassererfüllten Volumen von Verrohrung und Ringraum entspricht.

Vor jedem Abpumpen und während der Beprobung ist die Lage des Grundwasserspiegels einzumessen.

Entnahme der Probe

Zur Dokumentation der Probenahme sollte das in der Anlage beigelegte Formblatt verwendet werden.

Durch das Abpumpen vor der Beprobung nehmen in der Regel die elektrische Leitfähigkeit, die Temperatur und der pH-Wert des gefördertten Grundwassers relativ gleichbleibende Werte an. Sofern die Leitfähigkeitskonstanz nicht erreicht wird, ist dies im Probenahmeprotokoll zu vermerken. Auch Schwankungen anderer Parameter können für die spätere Interpretation von Interesse sein. Die Förderleistung soll während der Beprobung so groß gehalten werden, daß nach Möglichkeit die Absenkung des Grundwasserspiegels in der Meßstelle weniger als 10% der Grundwassermächtigkeit beträgt.

Zur Entnahme der Proben und zum Abpumpen sind Unterwasserpumpen (Tauchmotorpumpen, Hubkolbenpumpen, Schwingkolbenpumpen) einzusetzen. Die unterschiedliche Ergiebigkeit des Grundwasserleiters bzw. der Meßstelle macht es erforderlich, Unterwasserpumpen mit Förderleistungen zwischen 0,1 l/s und 5 l/s bereitzuhalten.

Die Befüllung der Probenflaschen soll nicht aus dem Förderschlauch, sondern aus einem Schlauch mit geringerem Querschnitt erfolgen, der über entsprechende Verbindungsstücke mit dem Förderschlauch verbunden ist und ständig mit geförderttem Grundwasser gespült wird. Zur Befüllung wird dieser Schlauch bis auf den Flaschenboden eingetaucht. Nach dem Vollaufen sollen die Flaschen kurze Zeit überlaufen und - nach langsamen Herausziehen des Schlauches - sofort verschlossen werden. (Zur Frage der Filtration von Proben wird auf Abschnitt 5.6.2 verwiesen.)

In bestimmten Fällen empfiehlt es sich, neben den Mischwasserproben aus der gesamten Grundwassermächtigkeit zusätzlich Schöpfproben zu nehmen, z.B. zur Entnahme von Proben von der Grundwasseroberfläche, auf der aufschwimmende Phasenkörper zu vermuten sind.

(Mittels Schöpfen werden keine Grundwasserproben entnommen, die als repräsentativ für die gesamte Grundwassermächtigkeit anzusehen sind. Die zugehörigen Konzentrationsmeßwerte müssen als solche deutlich gekennzeichnet und auch entsprechend bewertet werden).

Wie für das Material der Verrohrung der Meßstellen gilt auch für das Material der Entnahmegерäte, daß möglichst weder Stoffe an das Grundwasser abgegeben, noch Stoffe aus dem Grundwasser im oder am Material der Geräte gebunden werden dürfen.

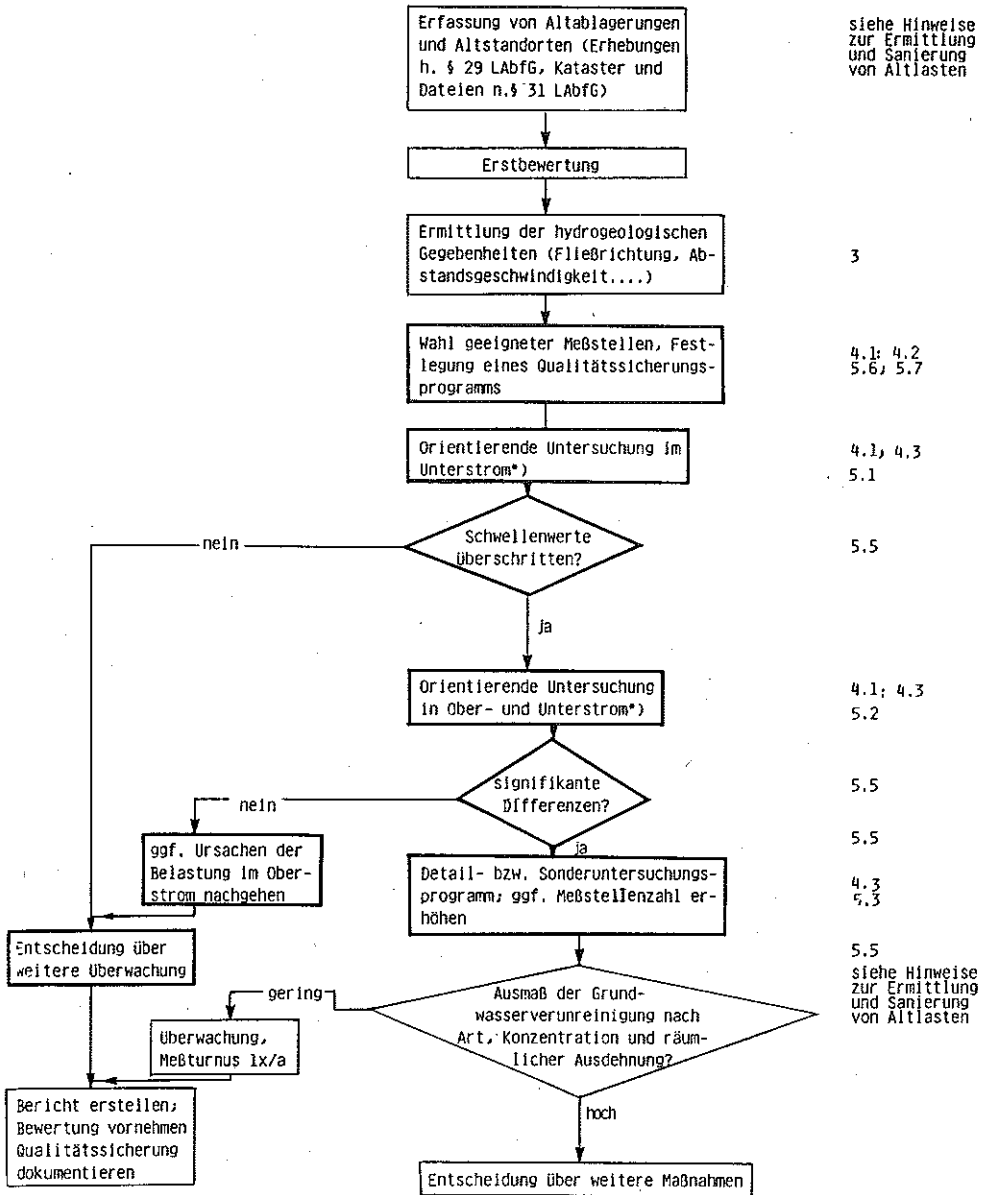
Für Pumpen und Schläuche hat sich die Verwendung von Edelstahl bzw. Teflon als günstig erwiesen. Es ist bei wiederholtem Einsatz darauf zu achten, daß durch die Benutzung der Entnahmegерäte keine Verunreinigungen eingeschleppt oder verschleppt werden. So sollte beispielsweise die vermutlich am stärksten belastete Meßstelle als letzte beprobt werden.

Sorgfältiges Spülen von Probenahmegерäten mit kaltem Wasser bzw. der Ersatz verschmutzter Schläuche ist selbstverständlich.

Die Abgase der betriebenen Generatoren, die für den Pumpbetrieb eingesetzt werden, sind vom Entnahmeort fernzuhalten. Auch andere "Emissionen" (z.B. Treib- oder Schmierstoffe, Reinigungsmittel) der Entnahmegерäte dürfen nicht in Kontakt mit dem zu beprobenden Grundwasser kommen.

5. Analytik und Bewertung

siehe Abschnitt



*) Zur gleichzeitigen Ausführung dieser beiden Untersuchungsschritte siehe Abschnitt 4.1

Im folgenden wird die Analysenstrategie für die Grundwasseruntersuchung vorgestellt. Grundsätzlich sind hierbei drei Untersuchungsschritte zu unterscheiden:

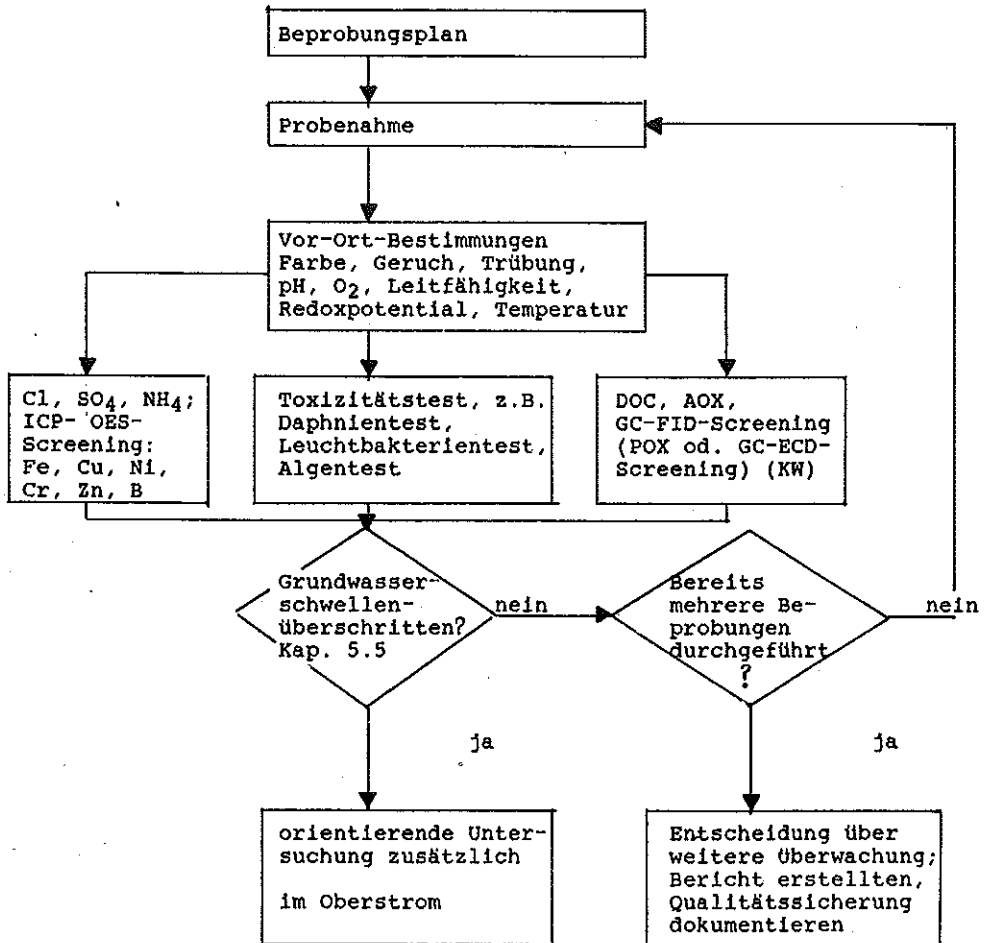
- Die orientierende Untersuchung im Unterstrom einer Verdachtsfläche (Stufe A1).
- Die orientierende Untersuchung im Oberstrom und Unterstrom einer Verdachtsfläche (Stufe A2).
- Die Detailuntersuchung (Stufe B).

Wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, können die Stufen A1 und A2 zusammengefaßt werden.

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms sind in mehreren - später näher erläuterten - Teilschritten Bewertungen durchzuführen und Entscheidungen über das weitere Vorgehen zu fällen. Von den jeweiligen Entscheidungen hängt es ab, ob weitere Untersuchungsschritte überhaupt angegangen werden. Die orientierende Untersuchung im Unterstrom einer Verdachtsfläche (Stufe A1) hat den Sinn, eine über den regionalen Hintergrund hinausgehende Belastung des Grundwassers festzustellen. Sofern eine solche höhere Belastung vorliegt, muß geklärt werden, ob diese Belastung von der in Rede stehenden Verdachtsfläche ausgeht oder andere Ursachen hat. Die Klärung dieser Frage erfolgt durch die als Stufe A2 bezeichnete orientierende Untersuchung im Oberstrom und Unterstrom der Verdachtsfläche. Wenn dabei der Verdacht erhärtet werden kann, daß von der Verdachtsfläche eine signifikante Beeinträchtigung des Grundwassers ausgeht, so erfolgt eine Detailuntersuchung (Stufe B). Die Detailuntersuchung hat zum Ziel, festgestellte Grundwasserbelastungen hinsichtlich ihrer Art (Salze, Schwermetalle, Halogenkohlenwasserstoffe, Mineralöl...) und ihres Ausmaßes ausreichend und zutreffend zu beschreiben. Gegebenenfalls ist hierzu ein spezielles Untersuchungsprogramm aufzustellen, sofern es sich etwa um einen Altstandort mit gut bekannter Vornutzung handelt. Auf das Flußdiagramm in Abschnitt 4.1 wird verwiesen.

Die abgestufte Vorgehensweise soll sicherstellen, daß meßtechnischer Aufwand und Informationsausbeute in einem akzeptablen Verhältnis zueinander stehen.

5.1 Orientierende Untersuchung im Unterstrom



Angaben in Klammern optional

Mit der orientierenden Untersuchung im Unterstrom wird festgestellt, ob das beprobte Grundwasser signifikant schlechtere Qualität aufweist als das Grundwasser in der Region (siehe 5.5). Werden im Grundwasserunterstrom von einer Verdachtsfläche Stoffkonzentrationen gemessen, die oberhalb der angegebenen Hintergrundkonzentrationen im Umfeld der Verdachtsfläche liegen, so sollten in der zweiten Stufe weitere Grundwassermeßstellen - wenigstens eine Vergleichsmeßstelle im Oberstrom - errichtet und beprobt werden. Liegen die Stoffkonzentrationen des untersuchten Grundwassers bei der ersten Beprobung unterhalb der Hintergrundkonzentrationen, so muß dennoch über einen festzulegenden Zeitraum (insgesamt etwa ein Jahr) weiter beprobt und analysiert werden, um evtl. zeitliche Veränderungen zu erfassen bzw. ausschließen zu können. Sofern sich nach drei bis vier Untersuchungen innerhalb eines Jahres keine Überschreitung der Grundwasser-Hintergrundwerte abzeichnet, ist über die weitere Überwachung des Grundwasser zu entscheiden. Dabei kann davon ausgegangen werden, daß die Verdachtsfläche gegenwärtig keine Beeinflussung des jeweiligen Grundwassers bewirkt (siehe 4.1).

Parameter

Die im folgenden aufgeführten Parameter sind erfahrungsgemäß für die Grundwasseruntersuchung bei der vorgegebenen Fragestellung besonders brauchbar. Auch die Auswertung von mehr als 100 vorliegenden Gutachten zur Untersuchung von Verdachtsflächen ergab wichtige Hinweise auf die Indikatorfunktion verschiedener Parameter, die im folgenden berücksichtigt wurden (s. Abschnitt 1): Vor Ort sind Farbe, Geruch und Trübung qualitativ festzuhalten. Zur Dokumentation dieser und weiterer Daten wird empfohlen, das Formblatt zu verwenden (Anlage), weil damit die Daten unmittelbar in die Grundwasserbeschaffenheits-Überwachung der staatlichen Verwaltung übernommen werden können. Ferner sind vor Ort pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Redoxpotential und Temperatur zu bestimmen. Hierzu wird auf den Abschnitt 5.6.1 verwiesen. Auffälligkeiten bei den Vor-Ort-Parametern müssen selbstverständlich bei den weiteren Analysen beachtet werden.

Die Untersuchung auf Chlorid und Sulfat soll einen Hinweis auf mögliche Belastungen durch leicht auslaugbare Salze liefern, wie sie u.a. in Bauschuttdeponien (z.B. Gips) oder auch in Form von Salzschlacken (Chloride) Bestandteil von Altablagerungen sein können.

Ammonium hat sich in der Vergangenheit als guter Indikator für Hausmüll-Ablagerungen und landwirtschaftliche Einflüsse erwiesen. Auch Bor wird als Indikator für die Auslaugung von Hausmüll angesehen.

Das Redoxpotential sowie im Zusammenhang damit auch die Konzentrationen an Ammonium und Eisen lassen Rückschlüsse auf den anaeroben bzw. aeroben Charakter des Grundwassers und evtl. dort ablaufende Reduktions- bzw. Oxidationsprozesse zu.

Bei nur wenigen Altlasten kann mit dem Auftreten von Schwermetallen im Grundwasser gerechnet werden. Dennoch sollte an dieser Stelle eine Analyse auf Kupfer, Nickel, Chrom und Zink stattfinden, weil der Gehalt vieler Metalle im allgemeinen nicht mit den Belastungsparametern korreliert sind. Da für die Analyse von Bor ohnehin am günstigsten die ICP-OES eingesetzt wird, können sämtliche weiteren Schwermetalldaten incl. des Eisens in einem Schritt ohne weiteren Aufwand erhoben werden. Empfehlenswert ist die Durchführung dieser Analyse als halbquantitatives Screening. Erfahrungsgemäß ist mit ICP-OES die Analyse der meisten relevanten Metalle im Bereich von mehr als etwa 10-20 µg/l ohne Interferenzen im Grundwasser möglich. Bei ungewöhnlichen pH-Werten können auch andere Metalle neben den oben genannten eine wichtige Rolle spielen.

DOC und AOX sind als Summen- bzw. Gruppenparameter für die organischen Stoffe im Grundwasser geeignet. Dabei charakterisiert der AOX ausschließlich anthropogene Substanzen. Die natürlichen DOC-Gehalte des Grundwasser können erheblich schwanken, so daß ein erhöhter DOC nicht notwendigerweise anthropogen bedingt sein muß.

Die Untersuchung des POX ist hier als Option vorgesehen; das Verhältnis AOX/POX erlaubt eine bessere Einschätzung der Natur der vorliegenden Organohalogenverbindungen und erleichtert ggf. die Planung der Untersuchungen in weiteren Stufen des Programms. Statt des POX kann auch ein GC-Screening mit ECD-Detektion (Head-space-Technik) durchgeführt werden.

Eine weitere Option stellt die Analyse von Kohlenwasserstoffen durch IR-Spektroskopie dar, die sich besonders bei leichtem Ölgeruch des Wassers anbietet. Sofern eine Übersichtsanalyse mit IR durchgeführt werden soll, wird empfohlen, nach Extraktion der Probe einen kleinen Anteil des Extrakts einzudampfen und ein IR-Spektrum aufzunehmen und dies erneut nach Abtrennung der polaren Bestandteile mit Aluminiumoxyd zu wiederholen; dadurch erhält man Hinweise auf die Natur der vorliegenden Kohlenwasserstoffe, z. B. Alterungsvorgänge, die sich durch starke Carbonylbanden bemerkbar machen.

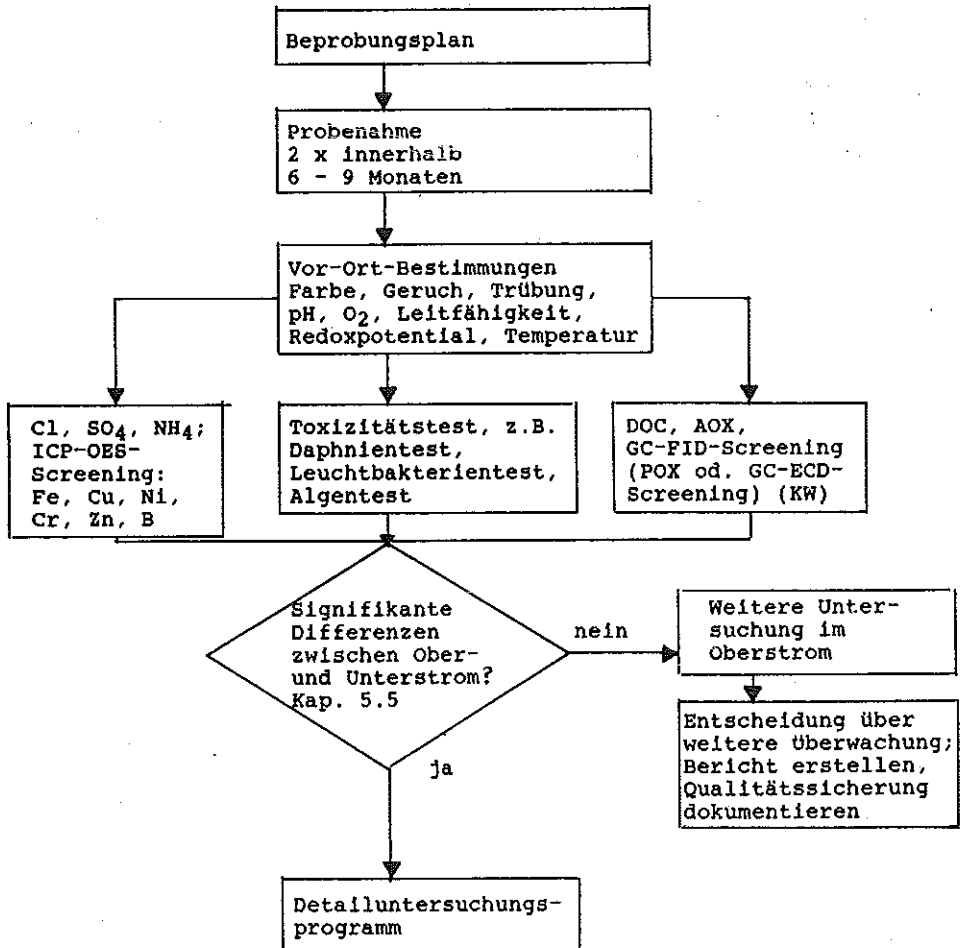
Mehr Aufschlüsse bietet jedoch meist die GC-Analytik mit FID als Detektor und einer möglichst universellen Trennsäule (z.B. SE 54). Zur Identifikation unbekannter Peaks muß ggf. ein massenselektiver Detektor verwendet werden.

Zur Frage der Probenfiltration wird auf Abschnitt 5.6.2 verwiesen. Ansonsten sind Vorschriften für die Probenkonservierung im allgemeinen den im Abschnitt 5.6.3 genannten Normen bzw. Deutschen Einheitsverfahren zu entnehmen.

Angesichts der Schadstoffe, die mit vorstehendem Analysengang nicht erfaßt werden können (hierzu zählen u.a. nicht unzersetzt verdampfbare Stoffe), sollten zusätzlich Toxizitätstests durchgeführt werden. Hier liegen nur sehr wenige Erfahrungen vor. Die guten Ergebnisse bei der Untersuchung und Beurteilung von Abwässern und Oberflächenwasser mit Biotests lassen erwarten, daß diese Ergänzung des Grundwasseruntersuchungsprogramms wertvolle Hinweise ergeben kann. Hier sind der Test mit Wasserflöhen (*Daphnia magna* STRAUS), zusätzlich auch der Leuchtbakterientest

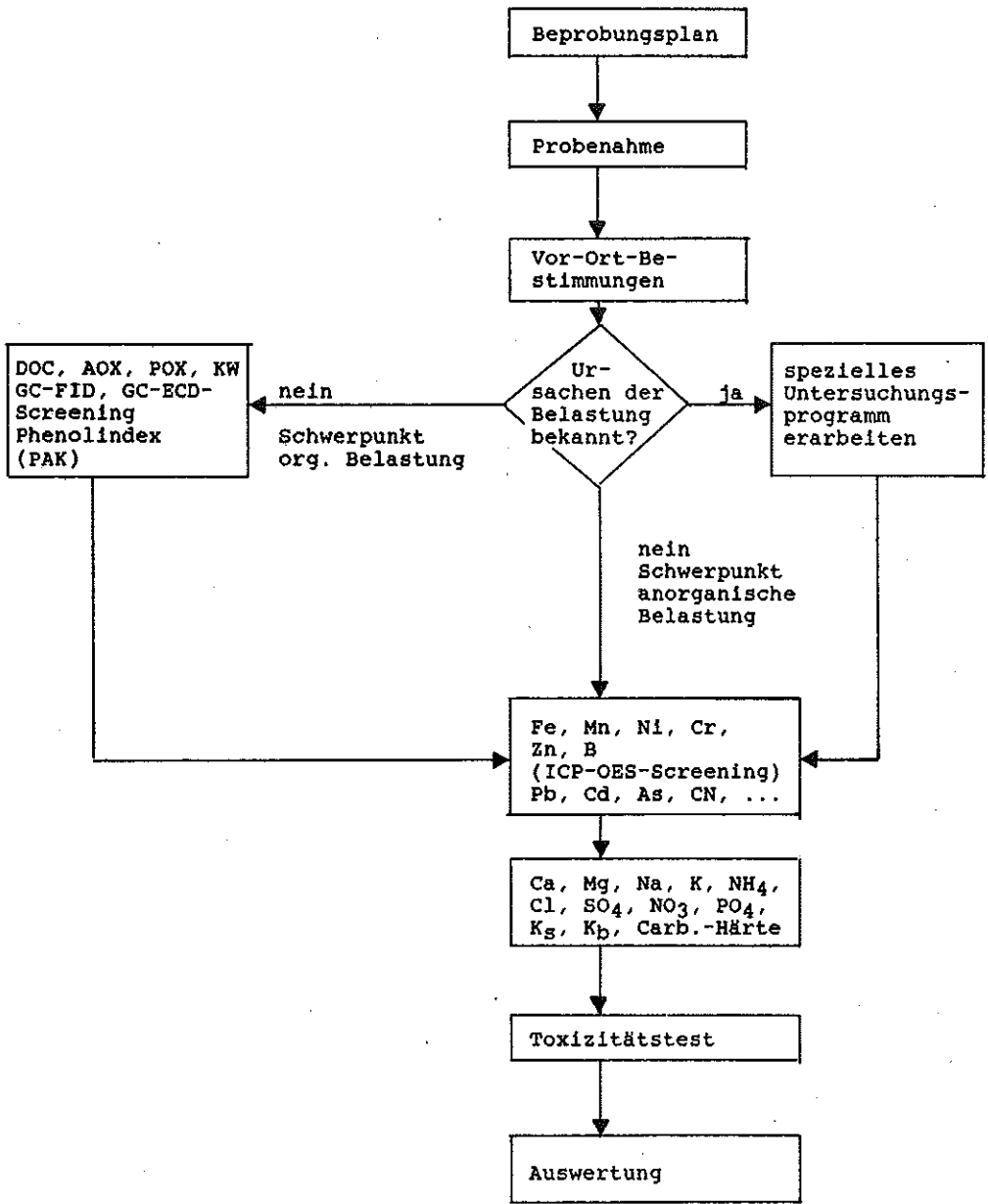
und /oder der Algentest einsetzbar. Es genügt, die Toxizität der Originalprobe zu überprüfen, Verdünnungen müssen nicht angesetzt werden. Ein toxischer Befund ist Anlaß für eine erneute Untersuchung bzw. den Eintritt in die nächste Untersuchungsphase. Die Tests reagieren durchaus unterschiedlich auf verschiedene Schadstoffe. Testkriterium beim Daphnientest ist die Hemmung der Schwimmfähigkeit der Wasserflöhe, beim Leuchtbakterientest die Hemmung der Lichtemission, beim Algentest die Hemmung der Zellvermehrung.

5.2 Orientierende Untersuchung in Oberstrom und Unterstrom
(Stufe A2)



Die Untersuchungen in der zweiten Programmstufe (A2) entsprechen denen der ersten Stufe (A1); in jedem Falle sollten wenigstens zwei Beprobungen pro Meßstelle stattfinden, um die Reproduzierbarkeit der Werte überprüfen zu können. Zur Bewertung der Daten sind auch die Grundwasser-Hintergrunddaten heranzuziehen. Sollten diese in der einen Unterstrommeßstelle überschritten sein, in einer anderen jedoch nicht, so gelten die Werte der stärker belasteten Meßstelle. Liegen auch die Analysendaten für Proben aus der Meßstelle im Oberstrom der Verdachtsfläche über den Grundwasser-Schwellenwerten und damit in einer ähnlichen Größenordnung wie bei der Unterstrommeßstelle, so ist zu prüfen, ob sich überhaupt noch eine signifikante Differenz zwischen den Oberstrom- und Unterstrommeßstellen ergibt. Wird diese nicht festgestellt, so besteht für die fragliche Verdachtsfläche zunächst kein weiterer Untersuchungsbedarf; jedoch sollte nunmehr die Ursache der Grundwasserbelastung im Oberstrom ermittelt werden. Läßt sich dagegen eine signifikante nachteilige Beeinflussung des Grundwassers durch die fragliche Verdachtsfläche feststellen, so wird der nächste Untersuchungsschritt durchgeführt.

5.3 Detailuntersuchungsprogramm (Stufe B)



Das Detailuntersuchungsprogramm dient dazu, die festgestellte Grundwasserbelastung näher einzugrenzen. Ziel des Detailuntersuchungsprogramms ist es,

- einerseits die für die Grundwasserbelastung entscheidenden Parameter zu ermitteln und für die Beurteilung der Verunreinigung des Grundwassers sowie ggf. die Sanierungsuntersuchung einzugrenzen,
- andererseits einen Überblick über die Beschaffenheit des Grundwasserraumes im Oberstrom und Unterstrom der Altlast zu erhalten. Sofern die Ursachen der Kontamination bereits zu diesem Zeitpunkt klar erkennbar sind, empfiehlt sich abweichend von den weiteren Ausführungen die Erstellung eines speziellen Untersuchungsprogramms.

In jedem Fall sind die Parameter der ersten bzw. der zweiten Programmstufe erneut in das Untersuchungsprogramm aufzunehmen.

Zur Ermittlung der hydrochemischen Beschaffenheit sind weiterhin zu untersuchen,

- Nitrat-N, Phosphat-P, Mangan, Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium, Säure- und Basekapazität. Diese Untersuchungen ermöglichen auch die Erstellung einer Ionenbilanz.

Sofern sich aus den Programmschritten A1 und A2 Hinweise auf eine anorganische Belastung ergeben haben, wird zusätzlich die Untersuchung von

- Blei, Cadmium, Arsen mit Graphitrohr- bzw. Kaltdampf-AAS und Gesamt-Cyanid sowie ggf. Sulfid

dringend empfohlen. Bei entsprechenden Befunden an Cyanid-(gesamt) ist eine Prüfung auf leicht freisetzbares Cyanid empfehlenswert. Allerdings führen Konzentrationen ab 0,01 mg/l Cyanid (leicht freisetzbar) bereits zu Auffälligkeiten in den Biotests (s. 5.1). Zur Untersuchung organischer Schadstoffe wird folgendes Programm vorgeschlagen:

- Kohlenwasserstoffe mittels IR-Spektroskopie (einschließlich qualitativer Auswertung des IR-Spektrums vor und nach Abtrennung der polaren Anteile - siehe 5.1), GC-FID-Screening, GC-ECD-Screening, Phenol-Index (ohne Destillation).

Hinsichtlich der Analysenvorschriften wird wiederum auf die Zusammenstellung der Methoden für die Altlastenuntersuchung hingewiesen (5.6.4). Ob die Belastung durch leichtflüchtige oder durch schwerflüchtige Stoffe verursacht wird, läßt sich aus der Differenz AOX - POX ableiten. Sollten bei dem GC-FID Screening-Verfahren unbekannte Peaks auftreten, so kann versucht werden, diese mit GC-MS zu identifizieren. Der Phenol-Index ergibt einen ersten Hinweis auf das Auftreten von Phenolen; bei positivem Befund (Bestimmungsgrenze 10 µg/l) sind die Phenole mittels GC oder HPLC oder GC/MS zu bestimmen. Im Verdachtsfall ist eine Untersuchung auf PAK erforderlich. Ein negativer IR-Befund ist kein Hinweis für die Abwesenheit von PAK.

Sofern der Toxizitätstest in den vorangegangenen Untersuchungen positiv war, soll nunmehr durch Ansatz von Verdünnungen auch eine Quantifizierung erfolgen.

5.4 Spezielle Untersuchungsprogramme

Spezielle Untersuchungsprogramme dienen dazu, noch fehlende Daten für eine Gefährdungsabschätzung zu beschaffen. Diese sollten auf Basis der Kenntnisse über die frühere Nutzung des Altstandortes bzw. bekannter Ablagerungen in der Altlast bzw. basierend auf den Kenntnissen aus den ersten drei Untersuchungsschritten gestellt werden. Er empfiehlt sich insbesondere bei Altstandorten der Rückgriff auf die vorliegenden Studien über den Einsatz von Rohstoffen und Chemikalien in verschiedenen Wirtschaftszweigen. In der folgenden Tabelle 5.4.1 findet sich beispielhaft ein spezielles Untersuchungsprogramm für Standorte ehemaliger Gaswerke und Kokereien:

5.5 Bewertung der Daten

Grundwasserhintergrundwerte

Im Rahmen der orientierenden Untersuchung im Unterstrom einer Verdachtsfläche ist festzustellen, ob das beprobte Grundwasser signifikant schlechtere Qualität aufweist als das jeweilige Umfeld bzw.

Tab. 5.4.1 Beispiel für ein mögliches spezielles Untersuchungsprogramm für Gaswerks- bzw. Kokereistandorte

<p>Farbe Geruch Trübung pH Leitfähigkeit Sauerstoff Redoxpotent. Temperatur</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Vor Ort- Messung</div>	<p>Ks, Kb Chlorid Sulfat Nitrat Phosphat Ammonium Cadmium Magnesium Natrium Kalium</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Charakterisierung des Grund- wassers</div>
<p>CN_{ges.} (CN_{1.fr.}) Phenolindex Arsen Benzol, Toluol, Xylole Naphthalin PAK Kohlenwasserstoffe (ggf. als GC-Screeningparameter) AOX Leuchtbakterientoxizität (ggf. als Screeningparameter).</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">Charakteristische Belastungsparameter</div>	

die jeweilige Grundwasserregion. Als Entscheidungskriterium hierfür stehen für einige Parameter Grundwasserhintergrunddaten zur Verfügung, die aus den Meßwerten der jeweiligen Grundwasserregion ermittelt wurden. Für Grundwasserregionen mit wenigen Meßwerten sind diese jedoch statistisch nicht ausreichend abgesichert. Die oberen Grenzen der Background-Konzentrationen für jede Grundwasserregion wurde mit Hilfe von statistischen Rechenoperationen, basierend auf der Gauß'schen Normalverteilung, ermittelt. Sämtliche Daten gelten für reine Grundwässer, sind also nicht durch Uferfiltrat beeinflusst.

Bei einer unbeeinflussten Grundwasserregion verteilen sich die gemessenen Stoffkonzentrationen um einen Mittelwert bzw. Medianwert und ergeben in der graphischen Darstellung die bekannte Glockenkurve bzw. im Wahrscheinlichkeitsnetz eine Gerade. Eine punktuell erheblich beeinflusste Grundwasserregion weist außer den Meßwerten, die unter der Gauß'schen Glockenkurve liegen und den Hintergrund dokumentieren, weitere Werte mit sehr hohen Konzentrationen auf. Diese Meßwerte, die man nicht mehr zu dem für die entsprechende Grundwasserregion gehörenden Hintergrund rechnen kann, liegen außerhalb der Glockenkurve und somit oberhalb der angegebenen oberen Grenze der Hintergrundkonzentrationen. Die einzelnen hohen Meßwerte bewirken eine Erhöhung des Mittelwertes, auf den Medianwert haben sie keine oder nur geringe Auswirkungen.

Wird die obere Grenze der Hintergrundkonzentrationen bzw. der Mittelwert und/oder Medianwert bei einer Beurteilung einer Verdachtsfläche herangezogen, so sollte der hier vorgegebene Wert immer kritisch abgewogen werden und nur als Hinweis auf eine eventuell vorliegende Verschmutzung gelten. Sämtliche Schwellenwerte für die in diesem Abschnitt genannten Parameter finden sich in Tab. 5.5.1.

Tab. 5.5.1: Schwellenwerte für die orientierende Untersuchung im Grundwasserabstrom; H = Hintergrundwert für jeweilige Grundwasserregion beachten (siehe Anlage)

pH	-	Eisen (mg/l)	-	DOC (mg/l)	H
Leitf. (mS/m)	H	Kupfer (mg/l) ¹⁾	0,02	AOX (µg/l) ²⁾³⁾	10
Sauerstoff (mg/l)	-	Nickel (mg/l) ¹⁾	0,02	POX (µg/l) ³⁾	10
Redoxpot. (mV)	-	Chrom (mg/l) ¹⁾	0,02		
Temp. (°C)	-	Zink (mg/l)	-		
Chlorid (mg/l)	H	Bor. (mg/l) ²⁾	0,05		
Sulfat (mg/l)	H	Daphnientox. 4)	> 1		
Ammonium-N (mg/l)	H	Leuchtbakt.Tox. 4)	> 1		
		Algentox. 4)	> 1		

1) = in allen Grundwasserregionen eingehalten

2) = in Anlehnung an den Vorschlag des WaBoLu

3) = Bestimmungsgrenze

4) = Es wird davon ausgegangen, daß Grundwasser i.d.R. nicht toxisch ist.

Differenzschwellenwert

Besitzt das beprobte Grundwasser eine deutlich schlechtere Qualität als die gesamte Grundwasserregion bzw. das Umfeld, so ist durch die Untersuchung von Oberstrom und Unterstrom zu klären, ob diese Verschlechterung durch die in Frage stehende Altablagerung bzw. den jeweiligen Altstandort verursacht wird. Als Hilfsgrößen für eine solche Prüfung stehen die Differenzschwellenwerte (Tab. 5.5.2) zur Verfügung, die als relative Differenzen zwischen den Konzentrationen eines Parameters in Ober- und Unterstrom definiert sind. Diese Werte wurden aus vorliegenden Erfahrungen von Grundwasseruntersuchungen wie auch unter Beachtung der Reproduzierbarkeit einzelner Analysendaten abgeleitet. Generell nimmt die Reproduzierbarkeit eines Analysenwerts ab, je näher man der Bestimmungsgrenze (BG) kommt; die Bestimmungsgrenze ist selbst über die Verfahrensstandardabweichung ableitbar. Die Angabe von jeweils zwei Differenzschwellenwerten pro Analysenparameter - gewählt wurden die Bereiche $>$ bzw. $<$ $5 \times BG$ - ist somit eine Vereinfachung, die lediglich als Hinweis zu werten ist. Die jeweils mit der Untersuchung betrauten Laboratorien sollten in jedem Fall eine eigene Fehlerabschätzung unternehmen (siehe auch 5.7), um die Frage nach signifikanten Differenzen zwischen Ober- und Unterstrom zu beantworten. Hinweise zur Anwendung:

Der Differenzschwellenwert d_{SW} wird mit dem aktuellem Wert d verglichen:

$$d = \left(\frac{C_u}{C_o} - 1 \right) \cdot 100; \text{ wenn } d_{SW} < d, \text{ dann signifikante Änderung}$$

Die Unterstromkonzentration c_u bzw. Oberstromkonzentration c_o sind jeweils Mittelwerte der vorhandenen Werte einer Meßstelle. Von den unterstromigen Meßstellen ist jeweils die mit dem höchsten Mittelwert der Konzentration heranzuziehen. Sofern die Daten aus den einzelnen Meßstellen erheblich streuen, kann die Tab. 5.5.2 nicht mehr angewendet werden. Erfahrungsgemäß treten jedoch größere Streuungen bei Grundwassergütedaten vor allem in belasteten Bereichen auf, so daß sich in den meisten Fällen durchaus eine Differenzrechnung zwischen Oberstrom und Unterstrom vornehmen läßt, wenn von der in Frage stehenden Altlast wesentliche Einflüsse auf das Grundwasser ausgehen. Bei der Auswertung kann durchaus der Fall eintreten, daß zwar die Schwellenwerte aus Tab. 5.5.1 erheblich überschritten werden, nicht jedoch die nach Tab. 5.5.2. Die dann empfohlene Suche nach (weiteren) potentiellen Quellen der Grundwasserbelastung sollte aber nicht zu einer Vernachlässigung der in Frage stehenden Verdachtsfläche führen: Hier empfiehlt sich weitere Beobachtung bis zur endgültigen Klärung des Sachverhalts.

Die Bewertung der Ergebnisse der Detailuntersuchung nach Art, Konzentration und Fracht der analysierten Schadstoffe sowie der Ausdehnung der Kontamination im Grundwasserraum kann nur im Vergleich zu anderen Altlasten vorgenommen werden. Nach Durchführung der Detailuntersuchung liegen in der Regel ausreichende Daten für die Beurteilung vor.

Im abschließenden Bericht sind die Analysen soweit möglich nach statistischen Gesichtspunkten auszuwerten; auf eventuelle Probleme auf Grund von Besonderheiten bei der Probenahme, des Probentransportes oder der Untersuchung im Labor ist hinzuweisen. Eine statistische Auswertung des vorhandenen Datenmaterials sollte mindestens die Angabe von Minimal-, Maximal-, Medianwerten sowie der Standardabweichung enthalten. Ferner ist mit einem Ausreißertest auf signifikant abweichende Befunde zu prüfen. Ausreißer sind zu kennzeichnen und hinsichtlich ihrer Plausibilität zu kommentieren. Ferner sind das begleitende Qualitätssicherungsprogramm (s. Abschnitt 5.7) darzustellen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Zur Vorbereitung der Gefährdungsabschätzung sind Vorkommen und Konzentrationen von hygienisch bedenklichen Stoffe aufzulisten und einerseits mit anthropogen nicht beeinflusstem Grundwasser, anderer-

Bestimmungsgrenze Differenzschwellenwerte (dsw)
 A B

Leitfähigkeit	-	20 - 25 %	-
TOC/DOC	1,0 mg/l	30 - 50 %	50 - 100 %
AOX	10 µg/l	70 - 100 %	100 - 200 %
Anionen (Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻)	10 mg/l	30 - 50 %	50 - 100 %
Metalle (Fl-AAS, ICP/OES) Cu, Ni, Cr....	10 - 100 µg/l	30 - 50 %	50 - 100 %
Metalle (GR.-AAS, KD-AAS) Hg, Cd, Pb, As	< 1 µg/l	100 - 150 %	150 - 300 %
organ. Einzelstoffe (GC/HPLC)	< 1 µg/l	150 - 200 %	200 - 400 %

A = für Daten > 5 x Bestimmungsgrenze (BG)

B = für Daten < 5 x Bestimmungsgrenze (BG)

seits gesetzlichen Grenzwerten zu vergleichen. Ferner ist eine Abschätzung der aus der Altlast freigesetzten Frachten durchzuführen, wobei die Größe des Fehlers ebenfalls geschätzt werden sollte.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch auf die möglicherweise erforderliche Untersuchung anderer Gefährdungspfade hingewiesen. "Kein weiterer Untersuchungsbedarf" bedeutet im Zusammenhang dieses Leitfadens immer nur "kein weiterer Bedarf an Grundwasseruntersuchungen".

5.6 Analysenverfahren

5.6.1 Feldmessungen

Die im folgenden beschriebenen Meßverfahren haben sich bei der Untersuchung von Grundwasser bewährt. Vorteile der Feldmessungen sind:

- Erfassung von durch Transport und Lagerung praktisch nicht veränderten Meßgrößen,
- Vor-Ort-Beurteilung der Probencharakteristik mit der Möglichkeit der gezielten und effektiven Auswahl von Laboranalysen,
- Entlastung des Labors.

Bei der Untersuchung von Grundwasser kommen generell in Betracht:

- Direkt-Messung in der Grundwassermeßstelle
- Messung in einer speziell angefertigten Meßstrecke

Direkt-Messung in der Grundwassermeßstelle (Vertikalprofile)

Diese Art der Messung kommt nur dort in Betracht, wo die Meßstelle so durchströmt wird, daß steter Wasseraustausch erfolgt und Ein- und Ausströmniveau gleich sind. In der Regel ist dies der Fall, wenn der Brunnen im gesamten Grundwasserraum verfiltert ist. Nur in diesem Falle kann unter Beachtung möglicher Störungen (versuchsweise) direkt im Rohr gemessen werden, sofern eine genügend hohe Anströmung der Elektroden (Rührer/Paddel) gewährleistet wird. Infrage kommen Geräte mit evtl. druckfesten Elektroden.

Die Messung vor dem Abpumpen ist nach umfangreichen Untersuchungen selbst bei sandigen Grundwasserleitern häufig nicht möglich, da es in der Meßstelle zu starker Durchmischung kommt, d.h. Ein- und Ausströmniveau sind in der Regel unterschiedlich.

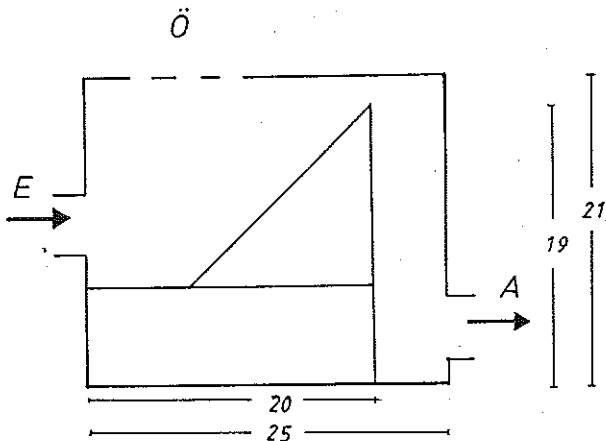
Erstreckt sich der verfiltrierte Bereich über mehrere Meter, kann man jedoch vor dem Messen abpumpen (Pumpe in der Mitte der Filterstrecke) und vergleichsweise gute Werte gewinnen: am oberen und unteren Ende der Filterstrecke ist das Wasser praktisch nicht durchmischt.

Zur Absicherung der Feldmessung bzw. der Probennahme in besonders relevanten Fällen empfiehlt sich eine tiefenspezifische Beprobung mittels Doppelpacker, sofern der Meßstellenausbau dies erlaubt.

Messung in der Meßstrecke

Um Schwierigkeiten mit Luftblasen und Dichtigkeit zu umgehen, wird generell empfohlen, die Meßstrecke drucklos zu konstruieren. Die O₂-Sonde ist so anzuordnen, daß sie optimal angeströmt wird, also entweder direkt vor der Einströmöffnung oder vor dem Wasserüberfall.

Abb. 5.1: Plexiglas-Meßstrecke (Entwicklung StAWA Münster Material: Plexiglas) Länge 25 cm, Höhe 21 cm; E = Einströmöffnung; A = Ausströmöffnung, (Bajonettanschlässe)
 ö = Öffnungen für Elektroden, (NW = 1,5 - 2,0 cm.)



Vor der Meßstrecke ist eine Abzweigung (Zwei-Wege-Hahn) für die Probenahme vorzusehen.

Im einfachsten Fall kann mit batteriebetriebenen Meßgeräten gearbeitet werden; die Werte sind im Abstand von höchstens 5 min gesondert zu notieren. Die Endwerte zum Zeitpunkt der Probenahme werden zur Abspeicherung in das Feldprotokoll eingetragen.

Die Messungen sollten soweit möglich temperaturkompensiert erfolgen. Die Auswahl der Elektroden richtet sich nach der Probenmatrix.

Für den Normalfall für elektrolytarme Wässer sollten folgende Elektroden zum Einsatz kommen:

- 1) O₂-Elektroden mit dünner Membran, kurzer Ansprechzeit
- 2) pH-Elektrode: Zur Absicherung von Eichung und Messung von elektrolytarmen Wässern sind Speziallösungen erhältlich.
- 3) E_H-Elektrode nach KASS. Dazu ist eine passende Bezugselektrode erforderlich. Die Elektrodenkombination führt vergleichsweise rasch zu stabilen Anzeigen.
- 4) H₂S-Elektrode (s.u.)
- 5) CO₂-Elektrode

Für stark verschmutztes Wasser (entsprechend Müllsickerwasser) sollten Elektroden gesondert bereitgehalten werden:

1. O₂-Elektroden mit dicker Membran; bei H₂S-haltigen Wässern sind Spezialelektrode mit spez. Elektrolyt unumgänglich.
2. pH-Elektroden mit gut zu reinigendem Diaphragma oder Elektrode ohne Diaphragma (druckfest).
3. E_H-Elektrode (Einstabmeßkette)
4. H₂S-Elektrode
Anmerkung: für die H₂S-Elektrode gibt es ein vereinfachtes Eichverfahren
5. Leitfähigkeitselektrode: handelsübliche leicht zu reinigende Meßzelle, alternativ induktives (=berührungsfreies) Meßverfahren.

Bei nichttemperaturkompensierten Messungen sind generell Abweichungen einzukalkulieren, wenn Eichtemperatur und Meßtemperatur nicht übereinstimmen.

Neben den o.g. Elektroden zur Direktmessung von pH, E_h , CO_2 , H_2S bietet sich der Anschluß weiterer ionenselektiver Elektroden (z.B. NH_4^- , NO_3^- und F-Elektrode) an. Bei Bedarf können so in entsprechend ausgerüsteten Laborwagen während der Abpumpzeit Stichproben getrennt vermessen werden.

5.6.2 Zur Filtration von Proben

In laminar durchströmten Porengrundwasserleitern werden Schadstoffe generell in gelöster oder kolloidal gelöster Form transportiert, während die Schadstoffausbreitung in Karst- und Kluftgrundwasserleitern auch partikulär erfolgen kann.

Je nach Beprobungshäufigkeit der Meßstelle, den hydrochemischen, hydromechanischen und lithologischen Verhältnissen, der Pumpeneinbautiefe sowie der Pumprate können bei der Entnahme von Porengrundwasser feinkörnige oder flächige Feststoffe (Tonminerale, sedimentärer organischer Kohlenstoff, bakterielle Schleime, Fe/Mn-hydroxide) aus dem Brunnen (inkl. Filterkiesschüttung) oder dem Grundwasserleiter in unterschiedlicher Menge losgerissen werden und so in das Probengefäß gelangen.

Die Konservierung mit Säuren zur Schwermetallbestimmung oder die Extraktion solcher Proben mit organischen Lösungsmitteln zur Analyse von organischen Schadstoffen kann zu Überbefunden führen, da diese gering löslichen Stoffe in der Regel in der ungelösten Fraktion stark angereichert sind.

Minderbefunde von hauptsächlich organischen Schadstoffen ergeben sich dagegen bei der Membranfiltration durch Adsorption an das Filtermaterial.

Es wird daher empfohlen:

- 1) Grundsätzlich werden Grundwasserproben nicht filtriert, es sei denn, daß der Filtrationsschritt Bestandteil des Analysenverfahrens ist.
- 2) Zusätzlich sollten die organischen Gruppen- und Einzelparameter sowie die Schwermetalle und Metalloide auch aus einer filtrierten Probe bestimmt werden, wenn das Grundwasser hohe Feststoffgehalte aufweist. Die Filtration ist in solchen Fällen mit einem 0,45 µm Membranfiltrationsgerät (z.B. Handfiltrationsgerät) vor Ort vorzunehmen. Alternativ kann auch Zentrifugation gewählt werden.

Die Größenordnung des Feststoffgehaltes im Grundwasser, bei dem die hieran gebundenen Schwermetalle (und Metalloide) nach der Freisetzung durch Säuren die "background"-Konzentration der Grundwasserregionen Nordrhein-Westfalens noch vernachlässigbar beeinflussen, verteilt sich auf die wichtigsten, hier relevanten mineralischen Partikel:

Beim Vorliegen reiner Tonmineralgemische ist erst ein Gehalt von mehr als 1 g/l Feststoff problematisch, wenn der Tongesteinstandard zugrundegelegt wird. Die Schwermetallkontamination aus dieser Quelle ist also in den meisten Fällen ohne Bedeutung.

In reduzierten Grundwässern mit erhöhten Fe^{2+} -Konzentrationen kommt es durch den Zutritt von Luftsauerstoff in der Meßstelle zur Neubildung gelbbrauner Eisen-Hydroxide. Dabei werden auch gelöste Schwermetallionen mitgefällt, einige Elemente (z.B. Cu) mit einer Ausbeute von über 90%.

Unter der Annahme, daß 5 mg Fe^{2+} und 10 µg/l gelöstes Schwermetallion vorliegen, sollte der suspendierte Eisen-Hydroxidgehalt für die Schwermetallanalyse aus unfiltrierten Proben die Größenordnung von 1 bis 10 mg/l nicht überschreiten. Aufgrund der Mitfällungseffekte dürfen daher Eisenhydroxide, die im Probengefäß ausgefallen sind, unter keinen Umständen abfiltriert werden.

Die Meßwertdifferenzen zwischen unfiltrierter und filtrierter Probe sind im Analysenbefund zu vermerken und zu interpretieren. Als "Eichparameter" liefert hierzu das Eisen wertvolle Informationen.

Für die Analyse auf organische Schadstoffe ist die Zentrifugation zur Abtrennung erhöhter Feststoffgehalte der Filtration vorzuziehen.

Zusätzliche Untersuchungen von feststoffhaltigen Proben sollten hier ggf. bei Trübstoffanteilen größer 1 bis 10 mg/l vorgenommen werden.

5.6.3 Abfüllung, Konservierung und Transport von Grundwasserproben

Generell wird eine schnellstmögliche Untersuchung von Wasserproben nach der Entnahme empfohlen. Um Veränderungen durch Adsorption, Abbau, Fällung etc. vorzubeugen, sind für verschiedene Parameter die im Anhang aufgelisteten Maßnahmen zu ergreifen.

5.6.4 Analysenverfahren

Die Liste der vom LWA für Altlastuntersuchungen vorgesehenen Analysenverfahren ist im Ministerialblatt NW vom 03. Mai 1988 veröffentlicht. Die dort genannten Verfahren können bis auf zwei Ausnahmen der gängigen Literatur (DIN, DEV, Veröffentlichungen der LAGA) entnommen werden. Die Analysemethoden für organisch gebundenes Halogen in Feststoffen sowie für PAK in Wasser und Feststoffen hat das LWA in der Schriftenreihe Abfallwirtschaft (Nr. 13) publiziert. Das GC-FID-Screening wird mit Methode 13 des o.g. Ministerialblattes, das GC-ECD-Screening mit Methode 30 für leichtflüchtige Stoffe bzw. mit Methode 85 für schwerflüchtige Stoffe vorgenommen; für die Screening-Analytik genügt eine Trennsäule (z.B. SE 54).

Der Leuchtbakterientest wird nach dem Entwurf DIN 38 412 L 34, der Algentest nach dem Entwurf DIN 38 412 L 33 durchgeführt. Abweichend von der Liste der Analysenverfahren wird hinsichtlich des Daphnientests auf DIN 38 412 L 30 hingewiesen.

5.7 Qualitätssicherungsmaßnahmen und Anforderungen an Untersuchungsinstitute

Bereits vor Beginn der Arbeit vor Ort ist zu überlegen, welche Qualitätssicherungsmaßnahmen im Rahmen der Untersuchung durchgeführt werden sollen. Der Auftraggeber soll sich vergewissern, daß das eingeschaltete Labor über ein Qualitätssicherungsprogramm verfügt; es ist zu prüfen, welche zusätzlichen Maßnahmen für die Arbeit vor Ort sinnvoll sind, und ob das Qualitätssicherungsprogramm des Labors ausreichend ist. Ein detailliertes Merkblatt des LWA zur internen analytischen Qualitätssicherung, in dem die nachstehenden Angaben aufgehen werden, ist in Vorbereitung.

5.7.1 Mögliche Maßnahmen zur Qualitätssicherung

In der folgenden Übersicht sind verschiedene mögliche Qualitätssicherungsmaßnahmen für den gesamten Komplex von der Probenahme bis zur Quantifizierung dargestellt. Diese reichen von Feldblindproben (Abfüllen von bidestilliertem Wasser vor Ort in entsprechende Probenahmeflaschen, Konservierung, Transport und Untersuchung) bis hin zu Ringtests mit anderen Instituten. Angegeben ist jeweils, für welchen Bereich die Qualitätssicherungsmaßnahme eine Aussage zuläßt; eine Qualitätssicherungsmaßnahme mit breitem Aussagebereich ist naturgemäß schwerer zu interpretieren als eine spezielle Sicherungsmaßnahme. Beide müssen jedoch in einem Konzept miteinander verbunden werden, um für die Beurteilung des jeweiligen Falls möglichst zuverlässige Daten zu liefern. Maßnahmen zur Kontrolle der Homogenität von Grundwasserproben sind hier nicht vorgesehen,

Tab.5.7.1:

Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Untersuchung von Grundwasserproben mit Angabe der Breite der Aussage (WFR = Wiederfindungsrate)

	Probe nahme	Konser- vierung	Transport	Proben- vorber.	Instr. Analytik
Dokumentation	X	X	X	X	X
Feldblindprobe zur Feststellung von Kontaminationen	X	X	X	X	X
Probenaufstockung vor Ort zur Ermittlung der WFR		(X)	X	X	X
Probenaufstockung im Labor zur Ermittlung der WFR				X	X
Überprüfung der Kalibrierung					
- durch künstl. Standard				X	X
- durch Wiederh. der Kalibrierkurve				X	X
- durch Blindwert				X	X
Vergleichsuntersuchung mit verschiedenen Verfahren zur Prüfung d. Richtigkeit				(X)	X
Ringtest				X	X
Wiederholanalyse zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit				X	X

da davon ausgegangen wird, daß unbelastete oder wenig belastete Grundwässer generell homogen sind. Für im vorliegenden Leitfaden nicht behandelte Matrices wie etwa Sickerwässer oder Feststoffproben müssen zum Teil andere Qualitätssicherungsmaßnahmen ergriffen werden.

5.7.2 Mindestanforderungen an die Interne Laborqualitätssicherung

Regelmäßig, mindestens aber halbjährlich oder bei Personaländerung, ist zur Überprüfung des Analysenverfahrens eine Kalibrierkurve (gem. dem entspr. DIN- oder DEV-Verfahren) zu erstellen und aufzuzeichnen. In ihr sind die Reproduzierbarkeit und die Einhaltung der Kalibrierbedingungen zu dokumentieren. Sie ist Bestandteil der Qualitätskontrollkarte.

Für jede Analysenmethode ist eine sog. Qualitätskontrollkarte zu führen. In dieser sind als Funktion des jeweiligen Tages die Blindwerte und die Meßwerte der jeweils mituntersuchten Standards einzutragen. Wird die Laborstandardabweichung überschritten oder bilden sich Trends zu höheren oder zu niedrigeren Werten, ist die Ursache zu ergründen.

Es sind daher auf dieser Karte oder in einer Anlage dazu folgende Daten zu dokumentieren:

- Faktoren der verwendeten Normallösungen,
- Qualitätsmerkmale der verwendeten Chemikalien,
- Blindwerte der verwendeten Chemikalien,
- Ergebnisse der Standards,
- Reproduzierbarkeit.

Bei der Durchführung der Analysen sind in einem Analysenjournal folgende Angaben festzuhalten:

- alle im Analysengang angewandten Alternativen, sofern solche in der Vorschrift genannt werden, nebst erkennbarer Begründung für die Entscheidung,

- alle Verdünnungsschritte und, sofern nicht durch Vorschrift festgelegt, die verwendeten Volumina bzw. Massen,
- Blindwerte und Standards (je zwei pro Probenserie und Arbeitstag),
- alle abgelesenen Meßsignale.

In der Gaschromatographie (GC) ist jede Probe auf zwei unterschiedlich polaren Säulen zu analysieren (außer Screening). Die Spezifikationen der verwendeten Säulen sind zu dokumentieren, ebenso das Temperaturprogramm und die Art der Probenvorbereitung (Clean-up-Verfahren, Anreicherung).

5.7.3 Apparative Mindestausstattung einer Untersuchungsstelle

Die Untersuchungsstelle sollte mindestens mit Unterwasserpumpen für DN 50 bzw. DN 125-Meßstellen (mit regulierbarer Förderleistung: 0.1-5 l/s und mindestens 30 m WS Förderhöhe) und entsprechendem Zubehör ausgestattet sein. Für Probenahmen im Gelände ist vielfach zusätzlich ein Stromerzeuger notwendig. Die Spezifikation der Geräte richten sich nach DIN 38402-Teil 13 bzw. DVWK-Regel 203/1982.

Für die Messung der Grundwasserstände muß ein Lichtlot vorhanden sein.

Für die Messung der Feldparameter sind mobile, batteriebetriebene elektronische Meßgeräte für

- Temperatur
- Sauerstoffgehalt
- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Redoxpotential

inklusive der Durchflüsseinheit vorzuhalten.

Für den Transport sind die Proben in Kühlboxen zu verstauen, um eine Temperaturerhöhung weitestgehend zu vermeiden.

Neben den üblichen Laborgeräten für die Naßchemie muß die Untersuchungsstelle mindestens über folgende Geräte der instrumentellen Analytik verfügen:

- Ein AAS-Gerät mit Graphitrohrküvette zur Bestimmung von Schwermetallen. Zur Bestimmung von Quecksilber und Arsen ist zusätzlich eine Kaltdampfapparatur erforderlich, für den Quecksilberaufschluß mit Kaliumpermanganat außerdem ein Wasserbad.
- Ein ICP/OES-Gerät (empfohlen).
- Ein AOX-Gerät zur summarischen Bestimmung halogenorganischer Verbindungen.
- Ein TOC/DOC-Gerät zur Bestimmung des Anteils an organischem Kohlenstoff
- Je ein Gaschromatograph (GC) mit Glaskapillartechnik zur Detektion von Kohlenwasserstoffen (ausgestattet mit zwei FID's) und von Chlorkohlenwasserstoffen (ausgestattet mit zwei ECD's). Die Geräte sind jeweils mit zwei unterschiedlich polaren Kapillarsäulen zu bestücken.
- Ein Infrarotspektralphotometer zur summarischen Bestimmung von Kohlenwasserstoffen.
- Ein UV-VIS-Spektralphotometer.
- Ein Hochdruckflüssigkeitschromatograph (HPLC), soweit polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zu untersuchen sind.
- Apparative Ausstattung für die Durchführung von Daphnien- bzw. anderen Biotests.

5.7.4 Dokumentation

Ziel der Dokumentation ist es, alle Vorgänge und Ergebnisse im Rahmen eines Grundwasseruntersuchungsprojekts lückenlos nachvollziehbar und überprüfbar zu machen. In Abschnitt 3 wurde bereits auf die zu dokumentierenden hydrogeologischen Grundlagen hingewiesen. Die folgenden Ausführungen betreffen die Dokumentation von der Probenahme bis zur Ergebnisdarstellung.

Hinsichtlich der Probenahme sind alle Gegebenheiten zu dokumentieren, die zur Interpretation der später ermittelten Analysenergebnisse erforderlich sind. Dazu gehört die Beschreibung des Ausbaus der Grundwassermeßstelle (Materialien, Filterstrecke, exakte Lage) auf einem sogenannten Meßstellen-Ergänzungsstamblatt. (Hierzu wird auf das entsprechende Ergänzungsstamblatt des LWA NW verwiesen.) Das für jede Probe neu auszufüllende Probenahmeprotokoll muß die eindeutige Bezeichnung der Meßstelle enthalten (Verbindung zum Ergänzungsstamblatt und zum Stamblatt), Angaben zur probenehmen- den Stelle, Datum, Uhrzeit und Dauer der Probenahme, Kennzeichnung der Probe, Angaben zur Art der Entnahme (Pumpen, Schöpfen, ...), Angaben zum Material von Pumpe, Schläuchen usw., Angaben über die Dauer des Abpumpens, Dokumentation der vor Ort gemessenen Werte wie pH, Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Lufttemperatur, Redoxpotential, Sauerstoff, Dokumentation eventueller Abweichungen der vorgeschriebenen Probenvorbehandlung, gegebenenfalls Angaben über eine Probenteilung sowie eine Angabe zur Art des Probentransports (z.B. Kühlung, tiefgefroren).

Zur Dokumentation des Transports bzw. der Übernahme der Probe durch eine Untersuchungsstelle ist der Probeneingang mit Datum, Uhrzeit und Probenkennzeichnung bei der Probeneingangsstelle festzuhalten. Dazu dient in der Regel ein Probeneingangsbuch. Die Übernahme ist durch Unterschrift des Probenehmers und der annehmenden Stelle zu dokumentieren.

Bei der Analyse muß jeder für das Endergebnis wichtiger Einzelschritt dokumentiert werden. Auch hierzu eignen sich bevorzugt parameterbezogene Laborhefte, soweit nicht sämtliche Daten per EDV abgespeichert werden. Hier ist insbesondere darauf zu achten, daß Entscheidungssituationen bei der Analyse (z.B. Entscheidung bei der Probenvorbehandlung über Filtration, Verdünnung), nachvollziehbar schriftlich niedergelegt werden müssen. Einzelmeßwerte sind als Extinktion, Titrationsverbrauch oder dergleichen zu dokumentieren. Sofern vom festgelegten Analysenverfahren abgewichen wird, ist dies unbedingt zu vermerken, da hiervon erhebliche Einflüsse auf das Endergebnis ausgehen können. Ferner sind die Maßnahmen zur labor-

internen Qualitätssicherung (siehe Abschnitt 5.7.1), die in einem Zusammenhang mit der jeweiligen Untersuchungsreihe stehen, ebenfalls anzugeben. Die Originaldokumente sind bei den jeweiligen Untersuchungsstellen über mindestens 5 Jahre lang aufzubewahren. Sofern probenehmende Stelle und Untersuchungsstelle nicht identisch sind, sind die Stammdaten der Grundwassermeßstelle sowie die Probenahmeprotokolle in Kopie der Untersuchungsstelle zu übergeben.

Anhang 1: Stoffkonzentrationen im Grundwasser der verschiedenen Grundwasserregionen

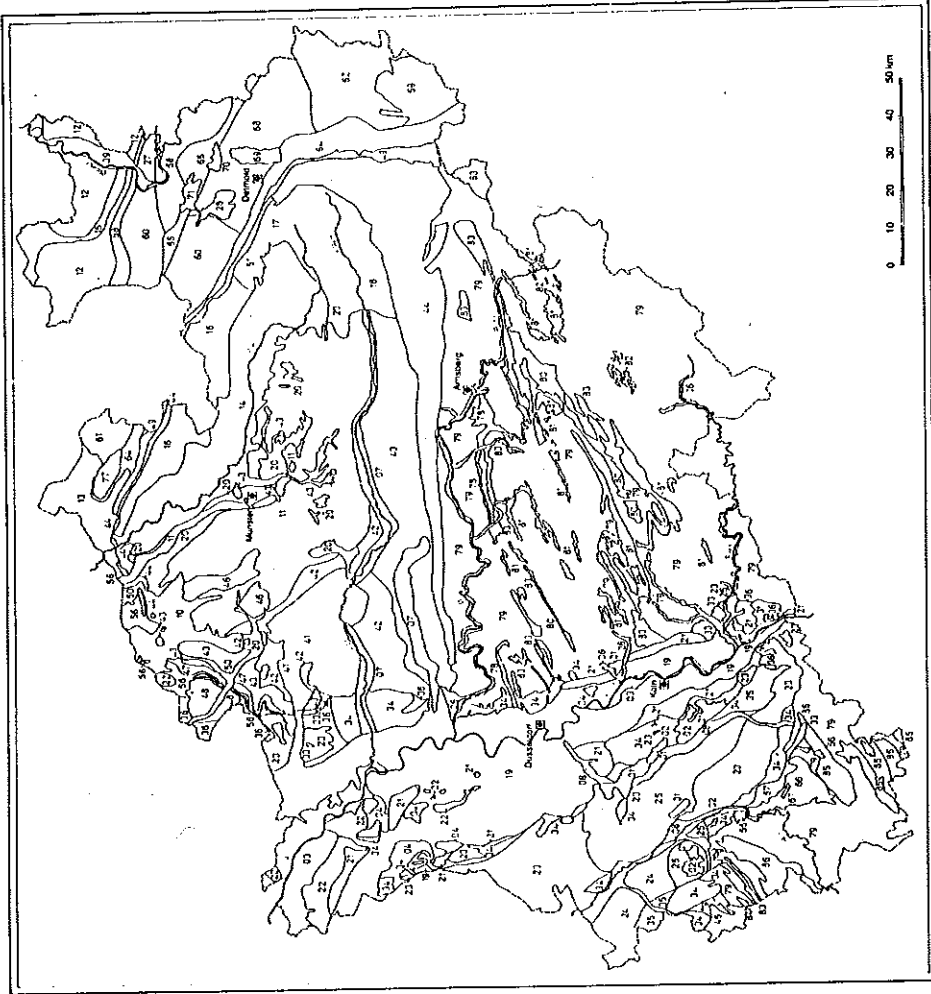
Obere Background-Konzentrationen (BGK), arithmetische Mittelwerte (\bar{x}) und Medianwerte (M), für die Stoffkonzentrationen errechnet aus allen Meßwerten (n), die in der jeweiligen Grundwasserregion (GWR) gemessen wurden.

Die Angaben für \bar{x} , M und BGK erfolgen für Natrium, Sulfat, Chlorid, DOC und Ammonium-N in mg/l und für die Leitfähigkeit in mS/m.

Grundwasserregionen

Erläuterungen zu den Grundwasserregionen
 Schlüssel-Nr. Grundwasserregion

- (01 - 20)
 01 Vils-Schlei, Bergbaugebiet
 02 Raxen-Enns-Donau-Becken
 03 Raxen-Enns-Donau-Becken
 04 Niederterrasse des Rheins
 05 Niederterrasse des Rheins
 06 Niederterrasse des Rheins
 07 Niederterrasse des Rheins
 08 Niederterrasse des Rheins
 09 Niederterrasse des Rheins
 10 Niederterrasse des Rheins
 11 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 12 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 13 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 14 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 15 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 16 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 17 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 18 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 19 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
 20 Mittel- und Unterterrasse des Rheins
- (21 - 40)
 21 Trachtafel (Niederrhein)
 22 Trachtafel (Niederrhein)
 23 Trachtafel (Niederrhein)
 24 Trachtafel (Niederrhein)
 25 Trachtafel (Niederrhein)
 26 Trachtafel (Niederrhein)
- (41 - 55)
 41 Hahnen Sande
 42 Hahnen Sande
 43 Hahnen Sande
 44 Hahnen Sande
 45 Hahnen Sande
 46 Hahnen Sande
 47 Hahnen Sande
 48 Hahnen Sande
 49 Hahnen Sande
 50 Hahnen Sande
 51 Hahnen Sande
- (56 - 75)
 56 Nordwestmassiv
 57 Nordwestmassiv
 58 Nordwestmassiv
 59 Nordwestmassiv
 60 Nordwestmassiv
 61 Nordwestmassiv
 62 Nordwestmassiv
 63 Nordwestmassiv
 64 Nordwestmassiv
 65 Nordwestmassiv
 66 Nordwestmassiv
 67 Nordwestmassiv
 68 Nordwestmassiv
 69 Nordwestmassiv
 70 Nordwestmassiv
 71 Nordwestmassiv
- (76 - 90)
 76 Paläozoikum
 77 Paläozoikum
 78 Paläozoikum
 79 Paläozoikum
 80 Paläozoikum
 81 Paläozoikum
 82 Paläozoikum
 83 Paläozoikum
 84 Paläozoikum
 85 Paläozoikum
 86 Paläozoikum



GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
03	n	61	55	63	117	41	65
	\bar{x}	34	107	66	83	1,5	
	M	28	100	63	83	1,2	
	BGK	55	150	110	110	3,0	0,16
04	n	28	27	30	52	16	30
	\bar{x}	20	116	50	63	2,7	
	M	17	115	48	62	2,2	
	BGK	30	160	75	90	4,5	0,30
06	n	70	68	70	66	70	69
	\bar{x}	17	73	43	47		0,30
	M	15	71	36	47		0,28
	BGK	30	110	80	70	1,1	0,65
07	n	100	110	115	175	63	114
	\bar{x}	53	175	77	112	5,0	0,40
	M	42	146	60	102	3,9	0,33
	BGK	95	260	120	185	7,5	1,00
08	n	69	73	74	124	54	72
	\bar{x}	30	113	65	65	1,6	0,1
	M	24	98	76	61	1,4	0,05
	BGK	45	130	60	100	3,0	0,23
09	n	70	146	146	207	158	177
	\bar{x}	36	154	76	98	1,5	
	M	25	141	60	89	1,3	
	BGK	70	235	135	140	2,6	0,10
10	n	113	131	131	136	131	131
	\bar{x}	35	80	48	66	5,3	0,47
	M	30	86	49	66	5,1	0,34
	BGK	65	120	70	95	7,5	1,00
11	n	157	159	159	218	147	159
	\bar{x}	35	136	72	79	4,3	0,25
	M	29	93	59	76	3,4	0,08
	BGK	65	190	125	145	8,0	0,30
12	n	60	121	121	180	122	166
	\bar{x}	28	106	63	63	2,4	0,20
	M	23	100	57	62	1,8	0,08
	BGK	40	165	110	100	4,5	0,25

GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
13	n	23	24	23	32	23	23
	\bar{x}	32	109	63	56	15,3	0,56
	M	21	91	56	56	12,8	0,30
	BGK	35	115	90	70	17,5	0,40
14	n	248	387	388	497	370	385
	\bar{x}	26	88	51	58	4,3	0,28
	M	23	92	51	60	3,2	0,20
	BGK	50	150	95	90	7,0	0,70
15	n	58	128	128	154	128	127
	\bar{x}	36	149	74	79	1,8	
	M	25	132	58	80	1,3	
	BGK	50	240	85	120	2,5	0,35
16	n	153	198	196	239	199	188
	\bar{x}	30	80	42	59	4,1	0,20
	M	25	66	36	56	3,2	0,09
	BGK	60	145	75	90	7,5	0,30
17	n	178	239	238	383	236	220
	\bar{x}	14	48	30	40	1,9	
	M	9	46	21	37	1,3	
	BGK	25	80	55	75	3,5	0,1
18	n	88	96	106	159	82	94
	\bar{x}	21	67	50	69	4,8	
	M	17	67	40	68	4,3	
	BGK	40	115	80	95	9,5	0,20
19	n	610	691	723	1289	537	879
	\bar{x}	40	145	75	90	2,6	
	M	32	138	68	86	1,6	
	BGK	80	230	135	145	4,5	0,30
20	n	62	63	63	99	62	64
	\bar{x}	33	74	57	73	5,4	0,40
	M	23	71	46	65	4,5	0,18
	BGK	50	100	75	115	8,0	0,70
21	n	41	41	44	82	36	44
	\bar{x}	44	190	76	99	2,6	
	M	27	225	81	104	1,6	
	BGK	60	160	95	160	3,0	0,30

GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
22	n	27	23	26	43	15	26
	\bar{x}	20	54	44	42		
	M	19	53	43	38		
	BGK	25	70	65	70	1,5	<0,13
23	n	223	250	264	434	135	261
	\bar{x}	27	118	84	72	1,8	
	M	23	127	71	69	1,2	
	BGK	50	200	140	130	3,0	0,13
24	n	104	108	136	248	94	136
	\bar{x}	22	82	65	61	1,7	
	M	14	84	70	61	1,3	
	BGK	40	80	125	95	3,0	0,15
25	n	72	79	79	111	31	77
	\bar{x}	17	111	66	71	1,6	
	M	15	107	61	68	0,9	
	BGK	30	175	85	110	1,8	0,15
26	n	31	30	30	62	31	30
	\bar{x}	18	58	34	47	1,1	
	M	17	54	31	40	1,0	
	BGK	25	80	50	75	2,0	0,05
27	n	17	44	44	44	43	44
	\bar{x}	17	78	53	66	1,1	
	M	16	79	50	63	1,0	
	BGK	25	110	70	85	1,6	0,04
28	n	23	25	25	41	25	25
	\bar{x}	19	94	60	67	1,5	
	M	19	92	50	70	1,3	
	BGK	20	100	65	70	2,8	0,12
33	n	11	11	11	16	3	9
	\bar{x}	18	118	51	72	1,0	
	M	19	122	52	76	1,0	
	BGK	22	130	55	82	1,5	0,04
34	n	75	82	85	137	51	86
	\bar{x}	31	110	72	101	3,2	
	M	14	86	36	68	2,5	
	BGK	45	130	85	110	5,0	0,40

GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
35	n	45	49	49	97	42	49
	\bar{x}	21	56	33	34	1,5	
	M	15	50	30	28	1,1	
	BGK	35	85	55	70	2,7	0,15
41	n	156	188	195	256	176	193
	\bar{x}	16	58	45	48	2,8	
	M	12	45	29	42	1,7	
	BGK	30	115	75	90	5,5	0,16
42	n	82	99	103	176	84	95
	\bar{x}	27	150	57	82	2,8	
	M	17	147	45	80	2,0	
	BGK	40	230	85	125	4,0	0,16
43	n	172	206	209	339	141	185
	\bar{x}	59	139	75	110	7,6	0,44
	M	38	121	55	92	4,3	0,25
	BGK	90	230	125	175	9,2	0,90
44	n	85	120	127	178	95	139
	\bar{x}	12	68	37	75	2,0	
	M	6	35	26	63	0,9	
	BGK	25	95	55	105	4,5	0,10
46	n	139	167	167	235	154	166
	\bar{x}	9	49	27	66	1,6	
	M	6	48	27	66	1,2	
	BGK	10	75	40	80	2,6	0,08
47	n	21	27	26	32	25	24
	\bar{x}	30	57	52	70	5,2	0,14
	M	20	54	51	70	5,9	0,10
	BGK	50	80	75	85	7,5	0,18
48	n	6	6	6	9	6	6
	\bar{x}	32	52	26	45	3,5	0,10
	M	26	53	23	44	3,4	0,10
	BGK	35	60	30	55	5,0	0,18
49	n	71	106	106	113	106	103
	\bar{x}	15	18	11	36	0,4	
	M	4	17	9	28	0,2	
	BGK	10	35	20	55	1,2	0,05

GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
51	n	13	21	21	21	21	21
	\bar{x}	8	29	22	35	1,1	
	M	6	13	12	27	1,0	
	BGK	20	55	50	55	1,5	0,03
58	n	19	47	47	54	47	47
	\bar{x}	12	95	25	60	1,1	
	M	10	64	21	50	1,0	
	BGK	15	155	35	75	1,3	0,05
59	n	20	35	35	40	35	5
	\bar{x}	7	175	27	83	0,3	
	M	7	154	24	82	0,1	
	BGK	10	180	40	110	0,7	0,04
60	n	38	46	46	62	44	46
	\bar{x}	95	103	56	101	1,6	0,40
	M	127	109	54	70	1,3	0,35
	BGK	50	125	75	75	2,5	0,70
62	n	120	167	167	240	173	167
	\bar{x}	8	76	25	64	0,8	
	M	6	70	21	63	0,5	
	BGK	15	120	40	95	1,8	0,04
64	n	108	169	169	212	178	169
	\bar{x}	8	88	21	62	0,9	
	M	7	85	24	63	0,9	
	BGK	15	165	40	90	2,1	0,04
65	n	7	10	10	17	8	10
	\bar{x}	11	74	30	58	1,8	
	M	10	45	33	58	2,1	
	BGK	15	115	40	75	2,8	<0,05
66	n	20	29	47	68	15	47
	\bar{x}	14	48	32	49	0,3	
	M	12	30	32	56	0,3	
	BGK	20	65	60	85	0,8	0,20
68	n	94	157	157	213	153	158
	\bar{x}	9,6	82	18	55	1,0	
	M	7	49	18	54	1,0	
	BGK	15	135	30	80	2,0	0,05
69	n	13	34	34	35	32	34
	\bar{x}	9,8	43	19	45	0,6	
	M	8,7	33	17	50	0,3	
	BGK	15	60	30	70	1,5	0,04

GWR		Natrium	Sulfat	Chlorid	Leitfähigkeit	DOC	Ammonium-N
70	n	16	45	45	51	45	45
	\bar{x}	8	112	17	60	1,1	
	M	7	119	15	61	1,1	
	BGK	15	195	30	80	1,5	0,04
71	n	31	45	45	45	19	42
	\bar{x}	9	65	32	56	1,0	
	M	8,5	62	25	53	1,0	
	BGK	15	75	45	65	1,5	0,02
78	n	18	18	18	18	17	18
	\bar{x}	4	50	14	43		
	M	4	42	14	41		
	BGK	10	60	30	60	<1,0	0,30
79	n	119	166	165	228	133	214
	\bar{x}	9	40	22	44	0,6	
	M	7	35	18	46	0,3	
	BGK	20	70	40	80	1,2	0,14
80	n	12	12	12	12	11	12
	\bar{x}	4	26	11	33		
	M	4	25	11	38		
	BGK	10	40	20	50	<1,0	0,80
81	n	20	20	20	22	18	20
	\bar{x}	9	28	15	24		0,14
	M	6	25	13	16		0,10
	BGK	20	45	30	45	0,9	0,22
82	n	11	11	11	11	11	9
	\bar{x}	6	23	14	18		0,14
	M	6	19	10	16		0,08
	BGK	10	35	20	30	<1,0	0,16
83	n	35	59	59	72	40	59
	\bar{x}	19	52	62	69		
	M	8	30	32	69		
	BGK	25	60	55	95	1,5	0,16
84	n	3	7	7	9	6	7
	\bar{x}	9	110	20	65	0,4	0,01
	M	9	96	17	64	0,4	0,01
	BGK	10	105	25	85	0,7	0,02
85	n	28	36	36	64	20	36
	\bar{x}	7	30	23	63	0,5	
	M	6	31	22	52	0,5	
	BGK	12	45	30	70	1,0	0,04

Anhang 2: Konservierung von Grundwasserproben

(angelehnt an ISO-Norm 5667/3, 1. Ausg. 15.7.1985 und DIN-Normen bzw. DEV zur Probenahme und Bestimmung der angeführten Parameter)

Untersuchungsschritte:

- I Orientierende Untersuchung im Unterstrom
- II Orientierende Untersuchung im Ober- und Unterstrom
- III Detailuntersuchungsprogramm
- () Optionaler Parameter

Lfd. Nr.	Parameter	Untersuchungsschritt	Probenart	Probenbehälter P = Polyethylen G = Glas BG = Borosilikatglas	Probenvolumen (für eine Bestimmung) in ml	Konservierung (siehe Bemerkungen)			Messung	Halbbarkeit	Bemerkungen
						vor Ort	während des Transportes	im Labor			
1	Farbe	I, II, III	Originalprobe	G					vor Ort		
2	Geruch	I, II, III	Originalprobe	G					vor Ort am Auslauf		
3	Trübung	I, II, III	Originalprobe	G					vor Ort		
4	pH-Wert	I, II, III	Originalprobe	Durchflußzelle					vor Ort		
5	Elektrische Leitfähigkeit	I, II, III	Originalprobe	Durchflußzelle					vor Ort		
6	Sauerstoffgehalt	I, II, III	Originalprobe	Durchflußzelle					vor Ort		
7	Redoxspannung (E_h)	I, II, III	Originalprobe	Durchflußzelle					vor Ort		
8	Temperatur	I, II, III	Originalprobe	Durchflußzelle					vor Ort		

Lfd. Nr.	Parameter	Untersuchungsschritt	Probenart	Probenbehälter P = Polyethylen G = Glas BG = Borosilikatglas	Prober-volumen (für eine Bestimmung) in ml	Konservierung (siehe Bemerkungen)			Messung	Haltbarkeit	Bemerkungen
						vor Ort	während des Transportes	im Labor			
9	Chlorid	I, II, III	Originalprobe	P, G	250				Labor	mehrere Monate	
10	Sulfat	I, II, III	Originalprobe	P, G	1000	1	1	1	Labor	1 Woche 1 Monat	1 Kühl (2-5°C) und dunkel lagern 2 Bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers zusätzlich eine Probe vor Ort membranfiltrieren und anschließend ansäuern (vgl. Kap. 5.6.2) 3 Kann auch im Labor, mindestens 8h vor der Bestimmung, vorgenommen werden 4 bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers eine zusätzliche Probe abfüllen, u. im Labor zentrifugieren (vgl. Kap. 5.6.2)
11	Ammoniumstickstoff	I, II, III	Originalprobe	G	500	1	1	1	Labor	24h	
12	Eisen, Kupfer, Nickel, Chrom, Zink, Bor (ICP-OES-Screening)	I, II, III	Originalprobe	P	1000	ansäuern auf pH < 1,5 ²			Labor	1 Monat	
13	Organischer Kohlenstoff, gelöst (DOC)	I, II, III	filtrierte Probe	G	500	1	1	1	Labor	24h 1 Monat	
14	AOX POX	I, II, III (I), (II), III	Originalprobe	G	300	mit HNO ₃ auf pH = 2 einstellen; ^{3,4} 1	1	1	Labor	24h	
15	Daphnientest, Algentest Leuchtbakterientest	I, II, III	Originalprobe	G	500	1	1	1	Labor	24h	
16	GC-FID-Screening	I, II, III	Originalprobe	G	1000	1,4	1	1	Labor	48h	
17	Dampfdruckanalyse (Headspace)-GC-FID/ECD	(I), (II), (III)	Originalprobe	G	5	1,4	1	1	Labor	48h	

Lfd. Nr.	Parameter	Untersuchungsschritt	Probenart	Probenbehälter P = Polyethylen G = Glas BG = Borosilikatglas	Probenvolumen (für eine Bestimmung) in ml	Konservierung (siehe Bemerkungen)			Messung	Haltbarkeit	Bemerkungen
						vor Ort	während des Transportes	im Labor			
18	GC-MS-Screening	I), II), III	Originalprobe	G	1000 – 5000	1,4	1	1	Labor	48h	1 Kühl (2–5°C) und dunkel lagern
19	GC-EDC-Screening	III	Originalprobe	G	1000	1,4	1	1	Labor	48h	2 Bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers zur-
20	Kohlenwasserstoffe	I), II), III	Originalprobe	G	500	1,4	1	1	Labor	24h	stoffsätzlich eine Probe vor Ort membran-
21	Basekapazität/ Säurekapazität	III	Originalprobe	G	1000	1	1	1	Labor	24h	filtrieren und an-
22	Nitrat-Stickstoff	III	Originalprobe	P, G	500	1	1	1	Labor	24h 8 Tage	schließend an-
23	Phosphat-Phosphor	III	Originalprobe	P, G	500 – 1000	1	1	1	Labor	24h mehrere Monate	säuern (vgl. Kap. 5.6.2) 3 Kann auch im Labor, mindestens 8h vor der Bestimmung, vorgenommen werden
24	Natrium/Kalium	III	Originalprobe	P	100	ansäuern auf pH < 1,5			Labor	1 Monat mehrere Monate	4 bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers
25	Calcium/Magnesium	III	Originalprobe	P, BG	500	ansäuern auf pH < 1,5 ²			Labor	24h mehrere Monate	eine zusätzliche Probe abfüllen, u. im Labor zentrifugieren (vgl. Kap. 5.6.2)
26	Blei, Cadmium, Arsen	III	Originalprobe	P	Zusammen mit Parameter Nr. 12: 1000	ansäuern auf pH < 1,5 ²			Labor	1 Monat	

Lfd. Nr.	Parameter	Untersuchungsschritt	Probenart	Probenbehälter P = Polyethylen G = Glas BG = Borosilikatglas	Probenvolumen (für eine Bestimmung) in ml	Konservierung (siehe Bemerkungen)			Messung	Halbbarkeit	Bemerkungen	
						vor Ort	während des Transportes	im Labor				
27	Cyanid gesamt, Cyanid leicht freisetzbar	III	Originalprobe	P	1000	mit NaOH, Zn (II) Chlorid- und Zinksulfat- Lösung, 1	1	1	1	Labor	3 Tage	1 Kühl (2-5°C) und dunkel lagern 2 Bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers zusätzlich eine Probe vor Ort membranfiltrieren und anschließend ansäuern (vgl. Kap. 5.6.2) 3 Kann auch im Labor, mindestens 8h vor der Bestimmung, vorgenommen werden 4 bei hohen Feststoffgehalten des Grundwassers eine zusätzliche Probe abfüllen, u. im Labor zentrifugieren (vgl. Kap. 5.6.2)
28	Sulfid	III	filtrierte Probe	P, G	1000	mit Ascorbatlösung (pH = 10) 1 O ₂ -freie Proben mit NaOH- Lösung auf pH ≥ 12 1	1	1	1	Labor	24h	
29	Phenolindex	III	Originalprobe	BG, braun	1000	1 Kupfersulfat und Ansäuern mit Phosphorsäure auf pH ≤ 4 1	1	1	1	Labor	4h 24h	
30	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	III	Originalprobe	G	1000	1,4	1	1	1	Labor	24h	

Anhang 3: Musterformulare

- Probenahmeprotokoll
- Stammdatenerfassung
- Meßstellen-Ergänzungsstammdaten

Probenahmeprotokoll

Dienststelle	<input type="text"/>	Dienstst.-Nr.	<input type="text"/>
Meßstellen- Bezeichnung	<input type="text"/>	Meßst.-Nr.	<input type="text"/>
Betreiber	<input type="text"/>	Proben-Nr.	<input type="text"/>
Probenehmende- Stelle	<input type="text"/>	Probenehme Datum	<input type="text"/> T T M M J J
		Meßprogramm	<input type="text"/>

Lage der Meßstelle

1 Oberstrom
2 Unterstrom

Meßpunkt , (NN + m) Grundwasserspiegel unter Meßpunkt , (m)

Filterstrecke/n von , bis , m unter Meßpunkt

Beprobter Tiefenbereich:

Mischwasser aus dem gesamten Grundwasserraum

oberes Drittel

mittleres Drittel

unteres Drittel

Tiefenspezifisch beprobter Bereich von , bis , m unter Grundwasserspiegel

Art der Probenahme Mindestmenge beim Abpumpen 3 x Rohrvolumen

1 Pumpen (Drücken)
2 Saugen
3 Schöpfen

Förderstrom/
bei der Probenahme , (l/s)

Schlauchmaterial

1 PVC
2 Teflon
3 Edelstahl

Abpumpdauer Min.

Organoleptische Prüfung

Färbung 0 farblos, 1 weiß, 2 grau, 7 gelb, 8 braun

Trübung 0 keine, 1 schwach, 3 stark

Geruch 0 ohne, 01 aromatisch, 03 faulig (H₂S),
05 jauchig (NH₃), 09 Chlor, 12 Mineralöl, 15 chemisch

Ausgasung 1 nein, 2 ja

Messung

Grundwassertemperatur (im Förderstrom) , (°C)

Lufttemperatur -/+ , (°C)

Elektrische Leitfähigkeit (bez. auf 25°C) (µS/cm)

pH-Wert ,

Sauerstoff (frei-gelöst) , (mg/l)

Redoxpotential (Eh-Wert) -/+ (mV)

Filtration nein ja Filtermaterial:

Bemerkungen

Datum/Unterschrift (Probenahmer)

LGD

Stammdatenerfassung

		Dienst- und Meßstellen-Nr.		Feld-Nr.	TEXT																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33						
												— m —		cm		Tag		Mon		Jahr																				
Meßpunkthöhe (+ m NN) (gültig ab)												0	1																						*					
Gefändehöhe (+ m NN) (gültig ab)												0	2																						*					
Betreiber												0	3						*																					
Bezeichnung der Meßstelle												0	4																											
Land												0	6		*																									
Kreis												0	7		*																									
Flußgebiet												0	8							*																				
Topographische Karte - Nr.												0	9		*																									
Koordinate Rechts (10 m)												1	0							*																				
Koordinate Hoch (10 m)												1	1							*																				
Meßstellenordnung, gültig ab Jahr												1	2							*																				
Beobachtungszeitraum (Jahr)	GW-Stand	Beginn										1	3						*																					
		Ende											1	4						*																				
	GW-Temperatur	Beginn											1	5						*																				
		Ende												1	6					*																				
	GW-Clüte	Beginn												1	7					*																				
		Ende												1	8					*																				
Umsetzvermerk, gültig ab Jahr													1	9					*																					
UK-Filter NN + m												2	0							*																				
Grundwasserstockwerk												2	1		*																									
Art der Meßstelle												2	2		*																									
Zusatzbezeichnung												2	3		*																									
TURNUS	Grundwasserstand											2	4		*																									
	Grundwassertemperatur												2	5		*																								
	Grundwassergüte												2	6		*																								

LGD

Stammdatenerfassung

	Dienst- und Arbeitsstellen-Nr.									Feld-Nr.	TEXT																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9																									
Geologie										2	7																							
Zuordnung										2	8																							
Gesteinsart des Hangenden										2	9																							
Eigenschaft, Entst. d. Liegenden										3	0																							
Gesteinsart des GW-Leiters										3	1																							
Eigenschaft, Entst. d. GW-Leiters										3	2																							
Gesteinsart d. Liegenden										3	3																							
Eigenschaft, Entst. d. Liegenden										3	4																							
Kf-Wert d. GW-Leiters										3	5									*														
Regionale Angaben										3	6																							
Sonstiges										3	7																							
ϵ -Wert										3	8									*														
										3	9																							
										4	0																							
										4	1																							
										4	2																							

Die Felder 39 - 42 werden vom LDS ausgefüllt.

Meßstellen-Ergänzungsstammdaten

Dienststelle/ Meßstelle-Nr.	<input type="text"/>	Meßprogramm	<input type="text"/>
Registrier-Nr. Altlasten	<input type="text"/>		
Gemeindekennzahl	<input type="text"/>		
TK25	<input type="text"/>		
Rechtswert	<input type="text"/>		
Hochwert	<input type="text"/>		
Grundwasserregion	<input type="text"/>		
Meßstelle gebaut (Jahr)	<input type="text"/>		
Bohrprofilbeschreibung vorhanden	<input type="text"/>	1 = ja 2 = nein	
Ausbauplan vorhanden	<input type="text"/>	1 = ja 9 = nein	
Filterrohrdurchmesser	<input type="text"/> mm	(50 mm) (125 mm)	
Filter- rohre	<input type="text"/>	08 = Kunststoffe (PVC) 12 = Edelstahl	
Rohrmaterial übrige Rohre	<input type="text"/>		
Filterstrecken von ±	<input type="text"/>	bis ±	<input type="text"/> m NN
Grundwasseroberfläche (langjähriges Mittel)		±	<input type="text"/> m NN
Grundwasser- sohlfäche ±	<input type="text"/>		<input type="text"/> m NN
Legende und Länge der Filterstrecke bezogen auf die Grundwassermächtigkeit	<input type="text"/>	1 = im oberen Bereich 2 = im mittleren Bereich 3 = im unteren Bereich 4 = über die gesamte Grundwassermächtigkeit	
Aktenzeichen	<input type="text"/>		
Datum/Unterschrift		

Anhang 4: Literatur

Zu Abschnitt 1:

Obermann, P.; Helm, R.; Hensellek U.; Mateis, J.:
Untersuchungen über ein Konzept zur Ermittlung von Grundwasser-
gefährdungen durch Altablagerungen und Altstandorte.
Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 1,
Arnsberg 1989

Zu Abschnitt 2:

- 1) Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten
Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1988
- 2) Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden
Hrsg.: Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und
Forstplanung NRW, Recklinghausen 1988
- 3) Fehlau, K.-P.: Aspekte der Altlastenbeurteilung aus behördlicher
Sicht. gwf-Gas/Erdgas August 1989

Zu Abschnitt 3:

- 1) Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserver-
unreinigungen durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe.
Hrsg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt;
Baden-Württemberg, 1983
- 2) Beurteilung und Behandlung von Mineralölschadensfällen im Hin-
blick auf den Gewässerschutz.
Hrsg.: Umweltbundesamt (Berlin), 1984

Zu Abschnitt 4:

- 1) Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserver-
unreinigungen durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe
Hrsg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt,
Baden-Württemberg, 1983
- 2) Beurteilung und Behandlung von Mineralölschäden im Hinblick auf
den Gewässerschutz
Hrsg.: Umweltbundesamt (Berlin); 1984

- 3) Toussaint, B.: Erfahrungen mit Eignungsprüfungen von Meßstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit; In: Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen; 31. Jahrgang, Heft 1, S. 1-12 (1987)
- 4) DIN 4924 Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter, 2/1972

Zu Abschnitt 5:

- 1) Kerndorff, H.; Brill, V.; Schleyer, R.; Friesel, P.; Milde, G.: Erfassung grundwassergefährdender Altablagerungen, WaBoLu-Heft 5/1985, Berlin 1985
- 2) Altlastenhandbuch, Teil II, Hrsg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Baden-Württemberg, Stuttgart 1987
- 3) Kinner, H. u.a.: Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen, ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung für ehemalige Betriebsgelände, UBA, Reihe Texte, Berlin 1986
- 4) Friege, H. und Sievers, S.: Medienübergreifendes Erkundungs- und Überwachungskonzept für die Untersuchung einer Altlast, Vom Wasser 68, 137-147 (1986)
- 5) Käss, W: Redoxmessung im Grundwasser (II), Deutsche Gewässerkundl. Mitt., 28, 26-28 (1984)
- 6) Peiffer, S.; Peters, K.; Frevert, T.: Ein neues vereinfachtes Eichverfahren der direktpotentiometrischen pH₂S-Meßkette, Das Gas und Wasserfach, 127, 31-32 (1986)
- 7) Turekian, K.K. u. Wedepohl, K.H.: Distributions of the elements in some major units of the earth's crust; Bull. Geol. Soc. Am. 72, 175-192 (1961)
- 8) Obermann, P.: s. Abschnitt 1
- 9) Analysenverfahren für Untersuchungen im Zusammenhang mit der Abfallentsorgung und mit Altlasten. In: Ministerialblatt v. 03. Mai 1988, 41. Jg., Nr. 26, Glied.-Nr. 7702061: 445-460, gem. Rd.Erl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (III A 5-567) u. d. Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie (514-82-21)
- 10) Entnahme von Proben für hydrogeologische Grundwasseruntersuchungen. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft Nr. 203/1982

- 11) DIN 38402-A 13 Probenahme aus Grundwasserleitern, 12/1985
 - 12) Grundwasser, Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil
1 - Grundwasserstand 1982
- Herausgeber: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser