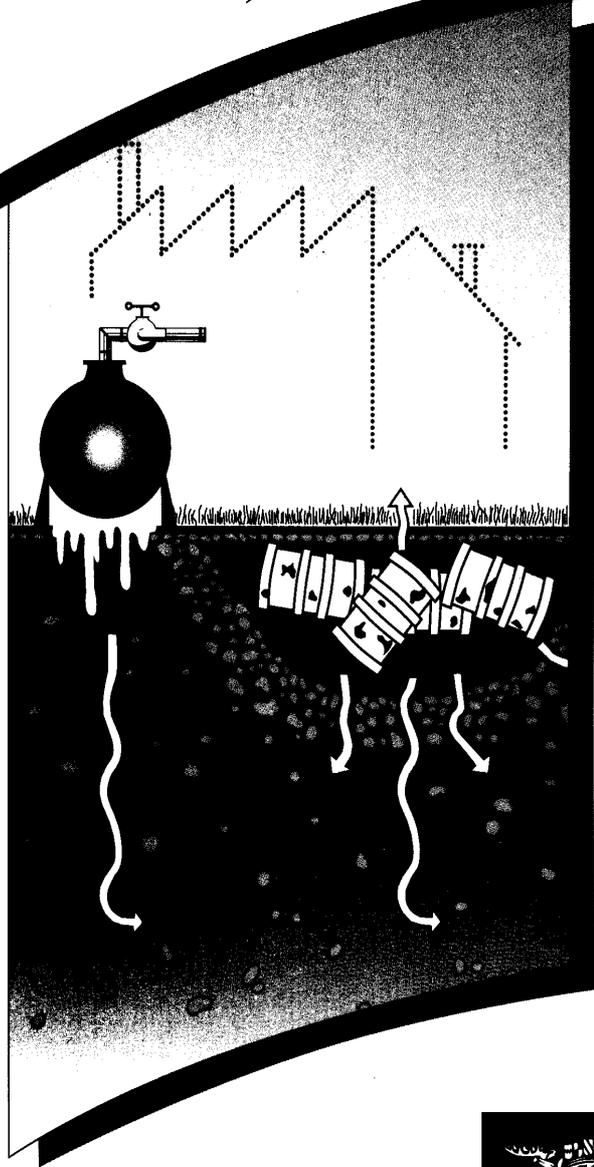


Zentraler Fachdienst Wasser - Boden - Abfall - Altlasten bei  
der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

**Handbuch Altlasten  
und Grundwasserschadensfälle**

# Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten (Boden, Abfall, Grund-, Sicker- wasser, Bodenluft)

Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung

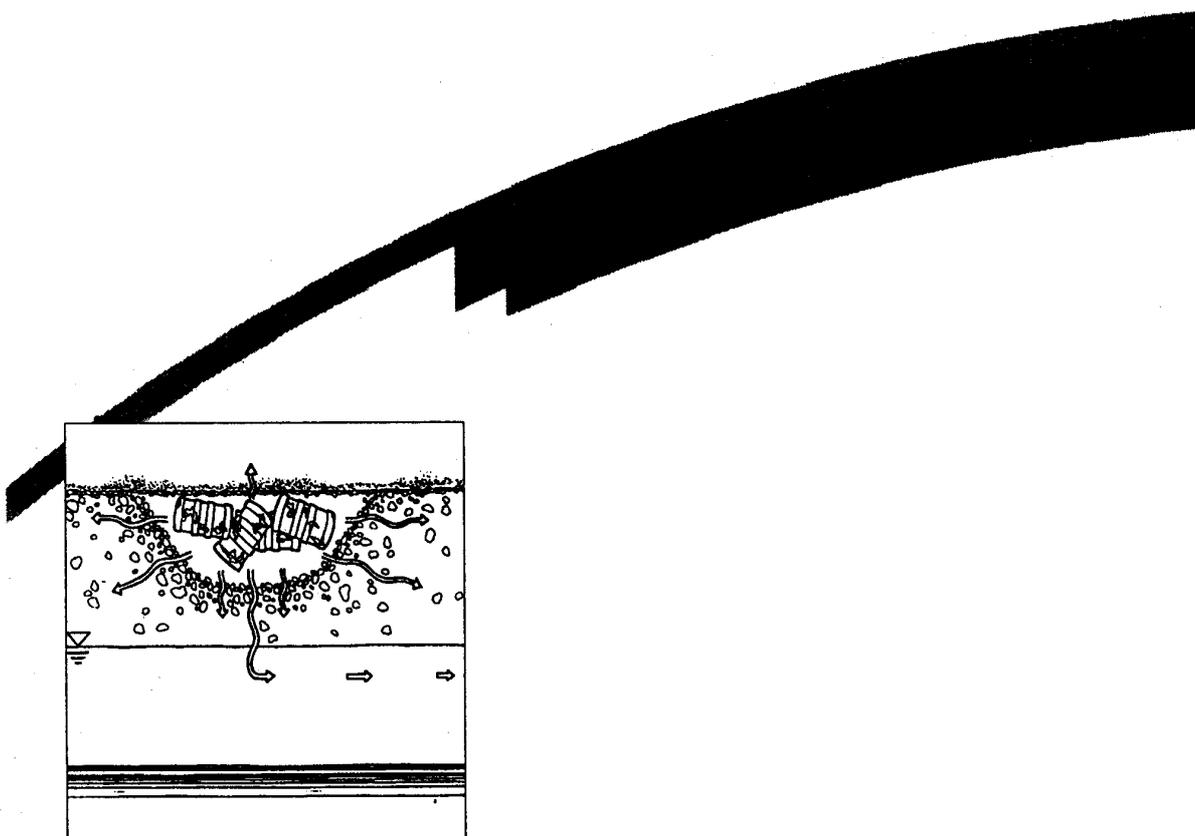


**BODEN  
ABFALL  
ALLASTEN**



**MINISTERIUM  
FÜR UMWELT  
UND VERKEHR**

# **Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten (Boden, Abfall, Grund-, Sicker- wasser, Bodenluft)**



Herausgegeben von der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
1. Auflage

Karlsruhe 1993



Altlastenfachinformation im WWW

## **Impressum**

**Herausgeber:** Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe

**Redaktion:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  
Abteilung Boden, Abfall, Altlasten  
Referat 54 – Altlastensanierung  
Dr. Iris Blankenhorn

**Verfasser:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Karlsruhe, August 1993

**Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage. Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt. Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind -auch auszugsweise- nur für eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.**

# Inhaltsverzeichnis

<b>VERFAHRENSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE PROBENAHME UND ANALYTIK VON BODENLUFT .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 ALLGEMEINES.....	1
1.2 ÜBERBLICK ÜBER MÖGLICHE PROBENAHMEVERFAHREN.....	2
1.2.1 <i>Direktmethoden</i> .....	3
1.2.2 <i>Anreicherungsverfahren</i> .....	3
1.3 VORERHEBUNGEN .....	4
1.4 PROBENAHMESTRATEGIE.....	5
<b>2. PROBENAHMEMETHODE NACH NEUMAYR.....</b>	<b>6</b>
2.1 MEßTIEFE.....	6
2.2 ENTNAHME DER PROBE .....	6
2.3 PROBENLAGERUNG.....	7
2.4 MESSUNG ÜBER MEHRERE TAGE .....	7
2.5 ANALYTIK.....	7
2.5.1 <i>Allgemeines</i> .....	7
2.5.2 <i>Durchführung</i> .....	8
2.6 VOR- UND NACHTEILE DER NEUMAYR-METHODE.....	8
<b>3. PROBENAHME (ANREICHERUNGSMETHODIK) NACH TAUW.....</b>	<b>9</b>
3.1 MEßTIEFE.....	9
3.2 ENTNAHME DER PROBE .....	9
3.2.1 <i>Probenahmetechnik</i> .....	9
3.2.2 <i>Probenahme</i> .....	9
3.3 PROBENLAGERUNG.....	10
3.4 ANALYTIK.....	10
3.4.1 <i>Desorption vom Trägermaterial</i> .....	10
3.4.2 <i>Probeneingabe in den GC</i> .....	10
3.6 VOR- UND NACHTEILE DER ANREICHERUNGSMETHODE NACH TAUW.....	10
<b>4. WEITERE METHODEN.....</b>	<b>11</b>
4.1. KANITZ-SELENKA-VERFAHREN .....	11
4.2 VDI-RICHTLINIEN.....	11
<b>5. VOR-ORT-METHODEN .....</b>	<b>12</b>
5.1 PROBENAME .....	12
5.2 GRENZEN UND AUSSAGEN .....	12
<b>6. PARAMETERLISTE UND BESTIMMUNGSGRENZEN.....</b>	<b>13</b>
<b>7. GEGENÜBERSTELLUNG DER VERSCHIEDENEN PROBENAHMEVERFAHREN.....</b>	<b>14</b>
<b>8. LITERATUR .....</b>	<b>16</b>

<b>VERFAHRENSEMPFEHLUNGEN ZUR PROBENAHEME VON BODEN, ABFALL, GRUNDWASSER, SICKERWASSER .....</b>	<b>17</b>
<b>1. ALLGEMEINER TEIL.....</b>	<b>17</b>
1.1 ZIELSETZUNG/ALLGEMEINE VORGABEN .....	17
1.2 ARBEITSSCHUTZ.....	18
1.3 PROBENAHEMESTRATEGIE .....	19
<b>2. PROBENAHEME VON BODENMATERIAL UND ABFALL .....</b>	<b>20</b>
2.1 PROBENGEWINNUNG .....	20
2.2 PROBENAHEME FÜR DIE CHEMISCH-PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG IM LABOR .....	21
2.3 PROBENAUSWAHL.....	22
2.3.1 Einzelproben.....	22
2.3.2 Mischproben .....	22
2.4 PROBENTEILUNG .....	23
2.5 SORTIERUNG VON INHOMOGENEM PROBENMATERIAL (INSBESONDERE ABFALLPROBEN) .....	24
2.5.1 Bodenproben.....	24
2.5.2 Abfallproben .....	24
2.6 VERMEIDUNG VON VERÄNDERUNGEN DER PROBE.....	25
2.6.1 Probenahmewerkzeuge .....	25
2.6.2 Probengefäße, Probenmenge.....	25
2.6.3 Kennzeichnung, Transport, Aufbewahrung .....	26
2.7 DOKUMENTATION .....	26
<b>3. PROBENAHEME GRUNDWASSER .....</b>	<b>27</b>
<b>4. PROBENAHEME SICKERWASSER.....</b>	<b>28</b>
<b>5. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>29</b>
<b>ANLAGEN .....</b>	<b>31</b>
<b>ANLAGE 1: MERKBLATT FÜR DIE PROBENEHMER VON BODENMATERIAL UND ABFALL BEI DER ALTLASTENERKUNDUNG.....</b>	<b>31</b>
<b>ANLAGE 2: MERKBLATT FÜR DEN PROBENEHMER VON GRUND-, ROH- UND TRINKWASSER.....</b>	<b>33</b>
<b>ANLAGE 3A: PROBENAHEMEPROTOKOLL .....</b>	<b>35</b>
<b>ANLAGE 3B: SAMMELPROTOKOLL .....</b>	<b>36</b>
<b>INDEXVERZEICHNIS.....</b>	<b>37</b>

# Verfahrensempfehlungen für die Probenahme und Analytik von Bodenluft

(Stand: September 1990)

## 1. Einleitung

### 1.1 Allgemeines

Als **Bodenluftproben** werden alle gasförmigen Proben bezeichnet, die aus dem Porenvolumen des Untergrundes unterhalb von 1 m Geländeoberkante und oberhalb des Grundwasserspiegels entnommen werden /1/. Hauptbestandteil derartiger Proben sind in der Regel die Permanentgase der Atmosphäre Stickstoff und Sauerstoff; in reduktiven Bereichen kann Sauerstoff fehlen. Methan kann dagegen bei anaeroben Bedingungen auftreten, während Kohlendioxid sowohl bei anaeroben als auch bei aeroben Bedingungen auftreten kann. Daneben können auch weitere Bestandteile, wie andere Gase (z.B. Wasserstoff, Schwefelwasserstoff) und/oder

- leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (wie z.B. Trichlorethen, Tetrachlorethen),
- leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (wie z.B. Benzol, Toluol),
- leichtflüchtige Phenole (wie z.B. Kresole), sowie
- leichtflüchtige Fluorchlorkohlenwasserstoffe (wie z.B. 1,1,2-Trichlortrifluorethan)

in der Bodenluft enthalten sein, die Aufschluß über eine Kontamination des Untergrundes oder des Grundwassers liefern können.

**Bodenluftuntersuchungen** sind orientierende Voruntersuchungen, die anzeigen, ob überhaupt bzw. in welchen Bereichen eine Kontamination des Untergrunds vorliegt und so relativ schnell und einfach Entscheidungshilfen für weitergehende Untersuchungsmaßnahmen erbringen können.

Einsetzbar sind Bodenluftuntersuchungen unter bestimmten Voraussetzungen

- zur Feststellung von Grundwasserbelastungen z.B. mit leichtflüchtigen halogenorganischen Verbindungen. Hierbei ist allerdings der Einfluß von sperrenden geologischen Schichten und vor allem der Witterungsverhältnisse /2/ auf die Messungen zu beachten und bei der Beurteilung von Bodenluftmeßergebnissen miteinzubeziehen.
- bei akuten Schadensfällen, die z.B. auf Betriebsgeländen durch den Umgang mit halogenorganischen Lösungsmitteln eingetreten sind (Hinweise zur Eingrenzung des Schadensherdes).
- bei der Erkundung des qualitativen Schadstoffinventars von altlastenverdächtigen Flächen als Vorerkundungsmethode (i.A. im Rahmen der orientierenden Erkundung E<sub>1-2</sub>).
- bei der Überwachung des Fortschritts von Sanierungsmaßnahmen

- bei der Endkontrollen nach Abschluß von Sanierungsmaßnahmen
- bei der Langzeitüberwachung

Aussagen über Grad und Ausmaß einer Kontamination können nur anschließende Boden- und Grundwasser- oder auch Sickerwasseruntersuchungen liefern. Hierfür sind kostenintensive Bohrungen, Schürfungen bzw. Probenahmen erforderlich, für deren richtige Platzierung Bodenluftmessungen primär dienen sollen.

Die Anwendbarkeit der Methode wird nur durch die von der Flüchtigkeit abhängige Konzentration der jeweils zu untersuchenden Stoffes und die Nachweisempfindlichkeit des Analyseverfahrens begrenzt. Generell gilt: je weniger flüchtig ein zu untersuchender Stoff ist, um so weniger geeignet ist das Bodenluftverfahren.

Mit der Bodenluftuntersuchung nicht erfaßbar sind schwer- bzw. nichtflüchtige Verbindungen, wie z.B. eine Reihe von Pestiziden, Chlorbenzolen, mehrkernige Aromaten und PCB'S.

Die Auswertung und Interpretation von Bodenluftmessungen erfordert viel Erfahrung. Bei der Beurteilung der Meßwerte muß folgendes berücksichtigt werden:

- Grundbelastung des Bodens oder des Grundwassers, z.B. durch Eintrag aus der Atmosphäre
- Aufbau und Inhomogenität des Untergrundes
- möglicherweise auftretende diffuse Abgabe eines Schadstoffes über undichte Abwasserkanäle
- Witterung und Jahreszeit bei der Probenahme
- Abbauvorgänge im Boden bzw. Grundwasser /1/.

Ein Schwachpunkt der Bodenluftanalytik ist die Abhängigkeit des Meßergebnisses von der Bodenfeuchte, weshalb die Bodenluftanalytik auch kein absolutes Verfahren darstellt.

Untersuchungen /1/ zeigten jedoch, daß relative Vergleiche sehr gut möglich sind, also Zonen unterschiedlicher Belastung gut zu erkennen sind.

Dies bedeutet aber auch, daß Ergebnisse von Bodenluftuntersuchungen nur dann vergleichbar sind, wenn auch die Feuchte der Bodenluft in etwa gleich ist /6/.

Für Lehm Böden ist die Bodenluftanalyse als sinnlos anzusehen.

## 1.2 Überblick über mögliche Probenahmeverfahren

Generell sind zwei grundlegend unterschiedliche **Verfahren zur Probenahme** möglich, die jeweils in verschiedenen Varianten angewandt werden. Man unterscheidet zwei Prinzipien: Direktentnahme oder Anreicherung der Bodenluftinhaltsstoffe.

Mit beiden Methoden ist die Bestimmung leichtflüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe im  $\text{mg/m}^3$  bzw.  $\mu\text{g/m}^3$ -Bereich möglich.

## 1.2.1 Direktmethoden

Prinzip:

Eine kleine Menge Bodenluft (Volumen ~2-5 ml) wird aus einer bestimmten Tiefe entnommen und in ein geeignetes Gefäß abgefüllt, in dem sie ins Labor transportiert wird. Die Probe wird unverändert in einem Gaschromatographen eingespritzt und auf Spurenbestandteile, ggf. auch Permanentgase, untersucht.

Entnahmemethoden

- Methode nach Neumayr; Die Entnahme der Bodenluft erfolgt über eine Spritze, die sich an der Spitze einer Meßsonde befindet (nähere Beschreibung siehe 2.2).
- Absaugung der Bodenluft mittels einer Pumpe aus einer möglichst dünnen Sonde.

Probenabfüllungsmethoden:

Die Bodenluftproben werden in Pasteurpipetten oder Glasampullen abgefüllt, die anschließend zugeschmolzen werden. Möglich ist auch die Probenahme in Headspace-Gläschen. Gasbeutel oder Gasmäuse werden in der Regel bei gleichzeitiger Analyse auf Deponiegas wie Methan und Kohlendioxid verwendet.

## 1.2.2 Anreicherungsmethode

Prinzip:

Eine größere Gasmenge (je nach Methode ca. 500 ml - 10 l) wird über ein Adsorbermaterial (beispielsweise Tenax, Aktivkohle u.a.) geleitet, das bestimmte Spureninhaltsstoffe der Bodenluft anreichert. Die Selektivität (Art der festgehaltenen Stoffe) und die Beladungskapazität (Menge der Stoffe, die ohne Verluste adsorbiert werden) ist stark von Adsorbermaterial und -menge sowie auch von der Beschaffenheit der Bodenluft abhängig (Temperatur, Flüchtigkeit, Gehalt an organischen Bestandteilen).

Die adsorbierten Bestandteile werden - je nach Adsorbens - thermisch (durch Ausheizen) oder durch Lösungsmittel-elution vom Adsorbermaterial getrennt und ebenfalls gaschromatographisch analysiert.

Mögliche Materialien: Aktivkohle, XAD 4-Harze, Tenax...

Wichtig ist, daß die Adsorbermaterialien vor Verwendung auf die zu bestimmenden Substanzen zu prüfen sind, sofern die Lieferfirma das Material nicht ausdrücklich für den vorliegenden Verwendungszweck ausgewiesen hat und dies garantiert.

Entnahmemethoden:

- Das Röhrchen, welches das Adsorbermaterial enthält, wird an der Spitze einer Sonde im Boden angebracht und die nötige Luftmenge von der Oberfläche aus mit einer Pumpe abgesaugt.

- Das Adsorptionsröhrchen befindet sich am Ende der Sonde (außerhalb des Bodens) direkt vor der Absaugpumpe.

## 1.3 Vorerhebungen

Um die optimale Lage und Tiefe der Bodenluft-Meßpunkte festlegen und die Analysenergebnisse richtig bewerten zu können, sowie aus Sicherheits- und Haftungsgründen, sind vor Durchführung der Bodenluftmessungen zwingend folgende **Vorerhebungen** notwendig:

Historische Erhebung

a) Angaben zur Entstehung:

- vermutete Schadstoffe
- mögliche Herkunft
- bisher bekannte Verunreinigungen.

b) Angaben zum Untergrund:

Bodenform und Petrographie, Bodenarten, bindige Zwischenschichten (Talauelehme, Staunässehorizonte), dichte Oberflächenbefestigungen: ggf. durch Vorsondierung zu ermitteln wenn vorhanden: Bohrprofile von GW-Meßstellen, Schürfgrubenprofile

c) Angaben zum Grundwasser:

Flurabstand, Mächtigkeit, Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit

d) Angaben über alle in Betrieb befindlichen und stillgelegten Ver- und Entsorgungsleitungen und unterirdischen Lagerbehälter im Untersuchungsgebiet (z.B. Starkstrom, Schwachstrom (Telefon, Wasser, Gas, Fernwärme, Treibstoff, Öl, Abwasser usw.))

e) Karte des Untersuchungsgebietes etwa im Maßstab 1:1 000

f) Lage von GW-Meßstellen, Brunnen und Quellen im Untersuchungsgebiet mit Analysedaten (u.a. bezüglich CKW-Gehalten)

g) sonstige Angaben z.B. Eigentumsverhältnisse, momentane Nutzung etc.

## 1.4 Probenahmestrategie

Entsprechend den Ergebnissen der Vorerhebungen wird die **Lage der Meßpunkte** festgelegt. Bei flächendeckenden Messungen kann dies in Form eines Rasters bzw. von Riegeln quer zur Grundwasserfließrichtung geschehen. Der Abstand der Meßpunkte untereinander ist abhängig vom Grundwasserflurabstand und der Entfernung vom mutmaßlichen Schadensherd und liegt bei Rastermessungen in der Regel zwischen 10 bis 50 m. Abhängig vom Stand der jeweiligen Erkundungsstufe wird eine Entscheidung darüber getroffen, ob eine Rasterverdichtung bzw. Rastervergrößerung vorgenommen werden muß.

Zur Detektion einer Schadstofffahne im Grundwasser mit Hilfe von Bodenluftuntersuchungen sind generell neben den Messungen im vermuteten Abstrombereich auch solche im Zustrombereich durchzuführen (Referenzpunkte), um eine eventuell vorhandene Vorbelastung ermitteln zu können.

## 2. Probenahmemethode nach Neumayr

Im folgenden wird auf die bereits bei der LfU etablierte **Probenahmemethode nach Neumayr** und die damit verbundene Analytik von Gasproben näher eingegangen.

### 2.1 Meßtiefe

Die optimale Meßtiefe wird anhand der Daten aus der Vorerhebung ermittelt (Bodenaufbau, Grundwasserflurabstand) und liegt bei der Untersuchung von Schadstoffahnen wenn möglich ca. 0,5 m über dem Grundwasserstand. Üblich sind Tiefen zwischen ca. 1 bis 3 m. Innerhalb einer Untersuchung sollte möglichst eine Tiefe beibehalten werden.

### 2.2 Entnahme der Probe

Mit einem Brennkrafthammer oder besser Elektrohammer wird zunächst eine Rammstange mit Nut bis ca. 10 cm über die festgelegte Meßtiefe in den Boden getrieben. Das Herausziehen erfolgt durch ein Kugelziehgerät. Die Entnahmesonde wird sofort anschließend von Hand in das Rammloch eingeführt und dabei deren Spitze nochmals ca. 5 bis 10 cm tiefer in den Boden gedrückt.

Die Verwendung einer Rammstange mit Nut für diese Vorsondierung erlaubt die Feststellung des Bodenprofils, das auf jeden Fall im Protokoll festgehalten werden muß.

In der Spitze der Meßsonde ist eine Kunststoffspritze mit 1 bis 10 ml Inhalt und ausreichend langer Kanüle untergebracht. Durch Ziehen des Spritzenkolbens über einen Seilzug wird Bodenluft angesaugt. Die Meßsonde wird nun wieder aus dem Loch herausgezogen und die Spitze abgeschraubt, so daß die Spritze entnommen werden kann. Die Bodenluft wird dann sofort aus der Spritze in Glasampullen mit maximal halbem Spritzenvolumen gefüllt.

Dabei muß beachtet werden, daß die Kanülenspitze bis auf den Boden der Ampulle reicht (vollständige Füllung der Ampulle!) und die Füllung langsam, möglichst ohne Turbulenzen in der Ampulle erfolgt.

Die Ampulle wird mit Hilfe eines Gasbrenners sofort zugeschmolzen und haltbar beschriftet. Die Kunststoffspritzen samt Kanüle und die Ampulle werden nur einmal verwendet.

Die Probenahme mit einer z.B. 5 ml-Spritze erlaubt das Abfüllen einer Ampulle mit ca. 2 ml Inhalt. Für Doppelproben ist ein größeres Entnahnevolumen (z.B. 10 ml) oder eine kleinere Ampulle (max. 1 ml Inhalt) erforderlich.

Nach Beendigung der Probeentnahme ist das Rammloch unter Nachgießen von Wasser wieder zu verfüllen (z.B. mit Quellton, Bentonit).

## 2.3 Probenlagerung

Es ist anzuraten, die Untersuchungen möglichst unverzüglich durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sollten die Ampullen bis zum Zeitpunkt der Analyse kühl und dunkel gelagert werden. Die Entnahmetemperatur der Bodenluftproben liegt in der Regel bei 10 bis 15°C. Diese Temperatur sollte auch bei der Lagerung bevorzugt werden. Bei einer üblichen Kühlschrankschlagerung (4°C) ist jedoch darauf zu achten, daß die Möglichkeit der Auskondensierung von Wasser an der Ampullenwandung besteht.

## 2.4 Messung über mehrere Tage

Nehmen die Messungen an einem Standort mehrere Tage in Anspruch, so sollten zumindest zwei Messungen des Vortages wiederholt werden, um eventuell witterungsbedingte Abweichungen der Bodenluftwerte zu erfassen und eine Anbindung der neuen Werte an die alten zu ermöglichen.

## 2.5 Analytik

### 2.5.1 Allgemeines

Zur Analyse von Bodenluftproben sollte auf jeden Fall ein Gaschromatograph mit zwei parallel einsetzbaren Detektoren (FID und ECD) zur Verfügung stehen.

Die Trennung von z.B. Dichlormethan und Trichlortrifluorethan (F 113) bei Normaltemperatur kann schwierig sein. Es ist ggfs. eine Identifizierung mit dem Massenspektrometer oder eine Trennung über ein Tieftemperaturprogramm erforderlich. Zur Bestimmung und Auftrennung der Frigene ist ebenfalls ein Tieftemperaturprogramm notwendig. Mit speziellen Säulen (z.B. Poraplot) kann evtl. auch eine Trennung bei Normaltemperatur möglich sein. Ist bei einer orientierenden Voruntersuchung die Trennung von Dichlormethan und F 113 nicht möglich, sollte zumindest ein Hinweis im Analysenbericht auf die vermuteten Substanzen erfolgen.

Bei Vorliegen zweier Parallelproben kann mit der ersten zunächst eine Übersichtsanalyse (Standardlauf GC mit ECD/FID) durchgeführt werden. Die zweite Probe steht dann zur Verfügung, um bei sehr niedrigen oder hohen festgestellten Konzentrationen eine entsprechend geänderte Menge einzuspritzen. Bei Hinweisen auf bestimmte Sonderparameter können damit auch spezielle Untersuchungen mit GC/MS durchgeführt werden.

Benzol und Homologe (BTX-Aromaten) werden mit Gaschromatographie und Flammenionisationsdetektor in der Bodenluft nachgewiesen. Vor allem bei Benzol kann es jedoch bei Anwesenheit leichtflüchtiger aliphatischer Kohlenwasserstoffe (z.B. Mineralölkomponenten) zu Überlagerungen im Chromatogramm kommen, so daß Benzol nicht eindeutig identifiziert werden kann. Der Benzol-Meßwert muß dann (besonders in Fällen höherer Belastung) zusätzlich mit GC/MS abgesichert werden.

## 2.5.2 Durchführung

Die Ampullen werden vor der Analyse auf Raumtemperatur gebracht, vorsichtig aufgebrochen, die zur Analyse nötige Menge (i.A. 100 µl) mit einer gasdichten Spritze aus dem unteren Teil der Ampulle (s.o.) entnommen und in den zur Untersuchung geeigneten GC eingespritzt.

Ein GC-Lauf für eine Standard-Untersuchung sollte bis in den Bereich der Substanzen mit Siedepunkten von ca. 200°C durchgeführt werden.

Beim Auftreten von Auffälligkeiten (z.B. nicht identifizierbare Peaks) ist dieses im Analysenprotokoll zu vermerken und evtl. nach Rücksprache mit dem Auftraggeber nochmals genauer abzuklären (ggf. Analysenumfang ausdehnen), unter Verwendung von Rückstellproben bzw. durch erneute Probenahme.

## 2.6 Vor- und Nachteile der Neumayr-Methode

- Durch den Einsatz z.B. eines Bohrstocks und bei geringen Sondierungstiefen von 1 bis 2 m ist das Verfahren relativ schnell und einfach durchzuführen. Die Aussagekraft derartiger Meßwerte ist jedoch kritisch zu beurteilen /5/, da:
- aufgrund des geringen Probegasvolumens Umgebungsluft-Störeinflüsse nur schwer erkannt werden können, weil bei dieser Entnahmetechnik das Sondierungsloch im Regelfall nicht abgedichtet wird /5/
- Da bei diesem Verfahren direkt das Gasvolumen aus der Pasteur-Pipette untersucht wird und daher speziell bei hohen Belastungen mit LHKW häufig mit nicht aufgelösten Kapillargaschromatogrammen zu rechnen ist. Durch den großen O<sub>2</sub> bzw. Wasser-Peak im Kapillargaschromatogramm (beide Verbindungen werden sehr empfindlich vom ECD angezeigt) /6/ sind häufig Verbindungen mit kurzer Retentionszeit nicht zu bestimmen (z.B. Dichlormethan, 1,1,2-Trichlortrifluorethan) /5/.

## 3. Probenahme (Anreicherungsverfahren) nach TAUW

Im folgenden wird auf die **Anreicherungsverfahren nach TAUW**, die im Rahmen der Modellstandortbearbeitung häufig angewandt wurde, näher eingegangen.

### 3.1 Meßtiefe

Die Meßtiefe wird anhand der Daten aus der Vorerhebung ermittelt (Bodenaufbau, Grundwasserflurabstand) und liegt im allgemeinen zwischen 1,2 bis maximal 1,7 m.

### 3.2 Entnahme der Probe

#### 3.2.1 Probenahmetechnik

Im Innenraum einer Bohrstange befindet sich eine Kapillare, die am unteren Ende der Bohrstange durch das innere Mantelrohr hindurchgeht. Mit Hilfe eines beweglichen Außenmantels wird die Kapillare während des Bohrens und Zurückfahrens des Bohrers umhüllt. Dadurch wird verhindert, daß sich die Kapillare mit Boden oder Abfallmaterial zusetzt.

Durch Drehen des Außenmantels um neunzig Grad kann die Kapillare zur Probenahme geöffnet werden. An der Oberseite führt die Kapillare durch den Handgriff in einem Dreiwegehahn mit zwei Ausgängen, die getrennt geöffnet werden können. An beiden Seiten kann ein Gasadsorptionsröhrchen (Tenax, Aktivkohle) befestigt werden.

Die Bodenluft wird mittels einer Pumpe durch die Kapillare angezogen. Der Pumpe ist ein Durchflußmeßgerät und ein Gasadsorptionsröhrchen vorgeschaltet.

#### 3.2.2 Probenahme

Der Bohrer wird an der gewünschten Stelle in den Boden eingelassen.

Dabei ist es wichtig, daß die Kapillare abgedeckt und der Dreiwegehahn geschlossen ist. In der gewünschten Tiefe wird die Kapillare geöffnet und ein "Testgasadsorptionsröhrchen" an den Dreiwegehahn befestigt.

Nach Abpumpen des in der Kapillare anstehenden "toten Volumen" wird am anderen Ausgang des Dreiwegehahns ein sauberes Adsorptionsröhrchen angebracht.

Die Adsorption wird in Abhängigkeit von der Zeit und der Durchflußmenge gemessen.

Nach Absaugen der Bodenluft über die Adsorptionsröhrchen werden diese aus dem Dreiwegehahn entnommen, verschlossen und so schnell wie möglich aufgearbeitet und analysiert.

### 3.3 Probenlagerung

Es ist auch hier anzuraten (siehe Pkt. 2.3), die Untersuchungen möglichst unverzüglich durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sollten die Proben kühl und dunkel gelagert werden. Es ist darauf zu achten, daß bei Kühlschrankschlagerung (4°C) die Möglichkeit der Auskondensierung von Wasser an der Ampullenwandung besteht.

### 3.4 Analytik

#### 3.4.1 Desorption vom Trägermaterial

Die Desorption erfolgt

- bei Tenaxröhrchen durch thermische Desorption (automated thermal desorption = ATD)
- bei Aktivkohleröhrchen durch Extraktion mit Schwefelkohlenstoff (CS<sub>2</sub>) oder anderen organischen Lösungsmitteln.

Die von Tenax oder Aktivkohle eluierten oder desorbierten Stoffe werden gaschromatographisch mittels ECD und FID analysiert. Auch hier (siehe Neumayr) sollte zur eindeutigen Identifizierung der aromatischen Verbindungen eine GC/MS-Messung durchgeführt werden.

#### 3.4.2 Probeneingabe in den GC

Die desorbierten Verbindungen werden im Gaschromatographen analysiert:

- Bei den Tenaxröhrchen wird die gesamte Probe nach ATD direkt in den anschließend angekoppelten GC injiziert.
- Bei Verwendung von Aktivkohle wird ein bestimmtes Volumen abhängig von der Konzentration der Schadstoffe, aus der Desorptionsflüssigkeit entnommen und in den GC injiziert.

Bei der Verwendung von Aktivkohle als Trägermaterial liegen die Erfassungsgrenzen höher als bei der Verwendung von Tenax als Trägermaterial. Dies hängt damit zusammen, daß bei der Tenaxmethode die vollständige Bodenluftprobe in den GC injiziert wird, während bei Aktivkohle nur ein Teil der Desorptionsflüssigkeit eingespritzt wird.

### 3.6 Vor- und Nachteile der Anreicherungs-methode nach TAUW

- Hohe Empfindlichkeit und Selektivität (erreichbare Bestimmungsgrenzen für Tri- und Tetrachlorethen liegen bei 0,1 µg/m<sup>3</sup>)
- Während die Bohrung bei schluffigen und sandigen Böden problemlos durchführbar ist, muß bei grobkiesigen oder mit größeren Steinen durchsetztem Untergrund, aufgrund der erhöhten Mantelreibung, mit erheblichen Schwierigkeiten gerechnet werden.

## 4. Weitere Methoden

Neben den zwei grundlegenden unterschiedlichen Verfahren zur Bodenluftprobenahme gibt es besonders bei der Anreicherungsmethode noch Variationen. Hier können sowohl die Adsorptionsmittel als auch die Elutionsmittel variieren.

### 4.1. Kanitz-Selenka-Verfahren

- Die Anreicherung der leichtflüchtigen HKW'S erfolgt über ein XAD-4 Harz Adsorptionsröhrchen (statt über Aktivkohle oder Tenax).
- Die anschließende Elution der Verbindungen von XAD-Röhrchen erfolgt mit speziell gereinigtem Pentan (oder anderen Lösungsmitteln).

### 4.2 VDI-Richtlinien

Die VDI-Richtlinie 3865 Bl. 2, 3, 4 sowie VDI-Entwurf 3865 Bl. 5 beziehen sich auf die Untersuchungen von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen in der Bodenluft, die mit der Anreicherungsmethode an XAD-4, Aktivkohle bzw. Headspace-Methode durchgeführt werden.

Die VDI-Richtlinie 3482 Bl. 2, 3, 4, 5 und 6 - Messen gasförmiger Immissionen zur Bestimmung organischer Verbindungen in der Luft, die mit der Anreicherungsmethode an Tenax GC durchgeführt wird, können zur Untersuchung der Bodenluft herangezogen werden.

## 5. Vor-Ort-Methoden

Zur schnellen orientierenden Untersuchung von Kontaminationen des Untergrundes mit leichtflüchtigen HKW'S wurden von einigen Firmen Prüfröhrchen mit entsprechenden Entnahmesonden entwickelt. Mit Hilfe dieser Systeme lassen sich vor Ort rasche Aussagen über mögliche Schadstoffbelastungen in Bodenarealen treffen. Dabei muß bekannt sein, um welche HKW-Verbindungen es sich handelt.

Der Einsatz dieser Prüfröhrchen ist jedoch nur für eingeschränkte Probleme, z.B. Schadensfall auf einem Betriebsgelände, anwendbar, bei dem höhere Schadstoffkonzentrationen zu erwarten sind.

### 5.1 Probenahme

Eine Stütz-Sonde, bestehend aus einem Bohrstock, Bohrstockspitze und einer Entnahmesonde (zur Aufnahme der Prüfröhrchen) werden mit einem Schonhammer auf die gewünschte Tiefe eingeschlagen. Die beim Einschlagvorgang geschlossene Bohrstockspitze wird durch kurzes Anziehen des Bohrstocks geöffnet. Ein für einen definierten Stoff geeignetes Prüfröhrchen wird in die Entnahmesonde eingesetzt. Mit Hilfe einer Gasspürpumpe oder Prüfröhrchenpumpe wird in die Prüfröhrchen eine def. Luftmenge gefördert, wobei Bodenluft aus dem umgebenden Erdreich durch das Röhrchen gesaugt und die vorhandenen Schadstoffe das Prüfröhrchen verfärben lassen. Anschließend wird das Prüfröhrchen aus der Röhrchenaufnahme entnommen und direkt abgelesen. Die Länge der gebildeten Farbzone entspricht direkt der Bodenluftkonzentration des Schadstoffs /8/.

### 5.2 Grenzen und Aussagen

Zur Identifizierung von Schadstoffen in der Bodenluft sind die Prüfröhrchen nur eingeschränkt einsetzbar,

- da häufig eine eindeutige Zuordnung wegen Querempfindlichkeiten nicht möglich ist
- da nur eine halbquantitative Abschätzung des Schadstoffgehaltes im Boden möglich ist
- da die Bodenluft-Messungen Relativmessungen sind, mit der Aussage -"hier ist mehr als dort"-. /9/

## 6. Parameterliste und Bestimmungsgrenzen

Aus den bisherigen Diskussionen resultiert folgender Parameterumfang für die gaschromatographische Analyse von Bodenluftproben.

Die Bestimmungsgrenzen wurden für die Untersuchungen an den Modellstandorten festgelegt und haben keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit.

<b>Parameter:</b>	<b>Bestimmungsgrenze in mg/m<sup>3</sup></b>
Dichlormethan (Methylenchlorid)	0,50
Trichlormethan (Chloroform)	0,01
Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)	0,01
1,1,1-Trichlorethan	0,01
Trichlorethen ("Tri")	0,01
Tetrachlorethen ("Per")	0,01
Chlorethen (Vinylchlorid)	noch offen
cis-1,2-Dichlorethen (cis-1,2-Dichlorethylen)	0,5
trans-1,2-Dichlorethen (trans-1,2-Dichlorethylen)	0,5
1,2-Dichlorethan	noch offen
1,1-Dichlorethan	noch offen
Trichlortrifluorethan (R 113)	
Chlordifluormethan (R 22)	noch offen
Dichlorfluormethan (R 21)	
Dichlordifluormethan (R 12)	
Trichlorfluormethan (R 11)	
BTX-Aromaten	1,0
Hexan bis Decan (Benzinfraktion)	noch offen

## 7. Gegenüberstellung der verschiedenen Probenahmeverfahren

	Neumayr-Methode (Direktmethode)			Anreicherungsverfahren		
	Pasteurpipette	Headspace-Gläschen	Gasbeutel/Gasmaus	Tenax	Aktivkohle	XAD-Harz
<b>Handhabung</b>	Gesamtprobe wird mittels einer 5ml Einwegspritze aus einer Meßsonde genommen	Gesamtprobe wird mittels einer 5ml Einwegspritze aus einer Meßsonde genommen	Gesamtprobe wird aus der Meßsonde durch direkte Kopplung der Pumpe mit dem Pumpe mit dem Gasbeutel/Gas	Durchsaugen einer def. Gasmenge durch ein Tenax röhrcchen, das oberhalb der GOK oder an der Sondenspritze angebracht ist	Durchsaugen einer def. Gasmenge durch ein Aktivkohleröhrc hen das oberhalb der GOK oder an der Sondenspritze angebracht ist	Durchsaugen einer def. Gasmenge durch ein XAD-Harzröhrcchen das oberhalb der GOK oder an der Sondenspritze angebracht ist
	Abfüllen der Probe in eine Pasteurpipette nach Wechsel der Kanüle	dreimalige Entnahme der Probe von 5 ml		mittels eines Durchflußmessers wird eine Menge von 500 ml - 2 l abgesaugt	mittels eines Durchflußmessers wird eine Menge von 500 ml - 2 l abgesaugt	mittels eines Durchflußmessers wird eine Menge von 500 ml - 10 l abgesaugt
	Zuschmelzen der Pipette mittels eines Bunsenbrenners	direkte Injektion in die evakuierten Headspacegläschen				

	Neumayr-Methode (Direktmethode)			Anreicherungsverfahren		
	Pasteurpipette	Headspace-Gläschen	Gasbeutel/Gasmaus	Tenax	Aktivkohle	XAD-Harz
<b>Fehlerquelle</b>	Kontamination der Pipette vor Probenahme möglich	Undichtigkeiten des Septums		Bei Undichtigkeit der Tondichtung am Sondierloch, anziehen von Fremdluft beim Absaugvorgang	Bei Undichtigkeit der Tondichtung am Sondierloch, anziehen von Fremdluft beim Absaugvorgang	Bei Undichtigkeit der Tondichtung am Sondierloch, anziehen von Fremdluft beim Absaugvorgang
	unvollständige Verdrängung der Luft in der Pipette durch Gasprobe	Verluste durch Adsorption und Diffusion am/im Septum				
	Hitzeentwicklung beim Zuschmelzen der Pipette, dadurch Entweichung bzw. Zersetzung von Gasen					
	Bruch der Pipette beim Transport					

	Neumayr-Methode (Direktmethode)			Anreicherungsmethode		
	Pasteurpipette	Headspace-Gläschen	Gasbeutel/Gasmaus	Tenax	Aktivkohle	XAD-Harz
<b>Aufwand</b>	Öffnen der Pasteurpipette in	Entnahme der Gasprobe aus dem Headspacegläschen mittels einer Gasspritze	Entnahme der BL-Probe aus dem Gasbeutel/Gasmaus, mittels einer Gasspritze	Elution des beladenen Adsorbens mit Hilfe thermischer Desorption	Elution des beladenen Adsorbens mit Schwefelkohlenstoff (CS <sub>2</sub> ) oder anderen Lösungsmitteln	Elution des beladenen Adsorbens mit speziell gereinigtem Pentan
	mit Gasspritze Bodenluftprobe entnehmen	manuell	Kalibrierung mit im Labor hergestellten Gasstandards	direkte Eingabe in den GC	Flüssiginjektion in den GC	Flüssiginjektion in den GC
	Zuschmelzen der Pasteurpipette	Headspace Probenwechsler (Automatisierung)		Kalibrierung mit dem im Labor hergestellten Gasstandardslösungen	Kalibrierung mit dem im Labor hergestellten Gasstandardslösungen	Kalibrierung mit dem im Labor hergestellten Gasstandardslösungen
	Kalibrierung mit im Labor hergestellten Gasstandards	Kalibrierung mit dem im Labor hergestellten Gasstandards				
<b>Reproduzierbarkeit</b>	gute Reproduzierbarkeit bei Handeinspritzung geringe geräte- und detektorbedingte Streuungen			gute Reproduzierbarkeit wobei die Erfassungsgrenze bei Aktivkohle höher ist als bei Tenax		

	Neumayr-Methode (Direktmethode)			Anreicherungsmethode		
	Pasteurpipette	Headspace-Gläschen	Gasbeutel/Gasmaus	Tenax	Aktivkohle	XAD-Harz
<b>Vorteile</b>	relativ einfaches Verfahren	Headspacegläschen vor Abfüllung geschlossen, dadurch keine Kontamination vor Probenentnahme	Mehrfachanalysen möglich	Mehrfachanalysen möglich niedrigere Nachweisgrenze durch Anreicherung		
	Bodenluftprobe ist in der Stoffzusammensetzung mit der Bodenluft insitu identisch	gleichzeitige Analyse der Deponiegase bedingt möglich	durch größere Probenmenge auch Deponiegase analysierbar, LdR Hauptgase und Spurenstoffe			
<b>Nachteil</b>	Evtl. Zu geringes Probenvolumen	Evtl. zu geringes Probenvolumen	Lagerzeit nur beschränkt möglich	nur einmalige Analyse möglich	Ad- und Desorption der einzelnen Verbindungen der Probe evtl. nicht vollständig	
	Veränderung des Chemismus der Bodenluft beim Umfüllen der Probe möglich	Veränderung des Chemismus der Bodenluft beim Umfüllen der Probe möglich	Adsorptionseffekt sowie Kondensationseffekte am Probenmaterial möglich	Ad- und Desorption der einzelnen Verbindungen der Probe evtl. nicht vollständig	unvollständige Extraktion möglich	
	<b>Glasbruch Pipetten</b>	Fremdluftzutritt				

## 8. Literatur

- /1/ Altlastenhandbuch Teil II:  
Untersuchungsgrundlagen, Heft 19 der Reihe "Wasserwirtschaftsverwaltung", Seiten 27-30
- /2/ Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe, 1983, 2. Auflage 1985, Heft 13 der Reihe "Wasserwirtschaftsverwaltung", Seiten 38-40
- /3/ D. Hueber:  
Bodenluftmessungen bei CKW-Schadensfällen, Wasser + Boden 5/85, Seiten 223-238
- /4/ V. Neumayr:  
Bodenluftuntersuchungen mittels Kapillar-Gaschromatographie und ECD-FID Reihenschaltung zum Lokalisieren von Boden- und Grundwasserkombinationen, Schr.-Reihe Verein WaBoLu 64, 65-84 (1986)
- /5/ Handbuch der Altlastensanierung: 4. Auflage 1989, Seite 6
- /6/ Dr. W. Bäther, R. Löffelholz:  
Bodenluftuntersuchungen von kontaminierten Böden, Sonderdruck aus "Chemie-Technik" 6/88, (106 + 108). Dr. Alfred-Hüthig-Verlag GmbH, Heidelberg
- /7/ TAUW-Bericht:  
Bodenluftmessungen Friesenheimer-Insel, Zwischenbericht Mannheim II/1988
- /8/ Dräger, Anwender-Information 2/89:  
Dräger-Stift-Sonde zur Erkundung der Schadstoffverteilung im Boden mit Dräger-Röhrchen
- /9/ Dräger:  
Erkundung von Altlasten, Untersuchung der Bodenluft mit Dräger-Röhrchen.

# **Verfahrensempfehlungen zur Probenahme von Boden, Abfall, Grundwasser, Sicker- wasser**

## **für die chemisch-physikalische Untersuchung bei der Altlastenerkundung**

(Stand: August 1990 mit Änderungen vom Feb. 1991)

### **1. Allgemeiner Teil**

#### **1.1 Zielsetzung/Allgemeine Vorgaben**

Diese Empfehlungen gelten für die sachgerechte **Probenahme** von Bodenmaterial, Abfall, Grundwasser und Sickerwasser zur Erkundung von Altlasten und deren Umgebung. Die hier beschriebene Durchführung der Probenahme ist Grundlage für chemisch-physikalische Untersuchungen an den genannten Proben. Als Ergebnis der chemisch-physikalischen Untersuchungen werden u. a. Grundlagen für die Abschätzung der Stoffgefährlichkeit, die Mobilität von Schadstoffen, Aussagen über Art und Ausmaß einer Kontamination, die Verteilung von Schadstoffen und die Erforderlichkeit von Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen erwartet.

Die vorliegenden Empfehlungen sind u. a. das Resultat aus Erfahrungen, die im Rahmen der Bearbeitung des Modellstandort-Programms Baden-Württemberg gewonnen wurden. Innerhalb des "Chemie-Arbeitskreises", einem Arbeitskreis, dem die an den Modellstandorten tätigen Chemie-Labors sowie Vertreter diverser Behörden angehören, wurden die Empfehlungen ausführlich diskutiert und abgestimmt.

Die Empfehlungen sollen dazu beitragen, daß - als eine Grundvoraussetzung für die Vergleichbarkeit von Analyseergebnissen - an allen (innerhalb Baden-Württembergs) zu untersuchenden Altlasten die Probenahme vergleichbar durchgeführt wird.

Nicht beschrieben ist das Vorgehen bei der Entnahme von Bodenproben aus bodenkundlicher Sicht, hierzu wird auf /1/ und /2/ verwiesen. Für die Entnahme von Proben für Laboruntersuchungen mit geologischer Fragestellung wird auf verschiedene DIN-Normen /3/, /4/ verwiesen.

Hinsichtlich Probenahmestrategie und Probengewinnung (Kap. 1.3, 2.1) kann z. Zt. kein einheitliches Vorgehen vorgegeben werden; hier muß in Absprache mit Fachleuten aus verschiedenen Bereichen die für den Einzelfall geeignete Lösung gefunden werden.

Fehler bei der Probenahme können ein Analyseergebnis schwerwiegender beeinflussen als Fehler, die bei der anschließenden Durchführung der Analyse gemacht werden. Deshalb hängt auch die Aussagekraft einer Untersuchung in hohem Maße von der Probenahme ab. Es ist daher unbedingt notwendig, daß die Probenahme durch sachkundiges Personal erfolgt, welches mit der speziellen Fragestellung des Einzelfalls vertraut ist. Im allgemeinen sollte der Chemiker in Zusammenarbeit mit einem Geologen oder Bodenkundler die Probenahme durchführen.

Für die sachgerechte Probenahme ist in erster Linie der Probenehmer, letztlich aber der Unterzeichner des Untersuchungsberichts verantwortlich. In Fällen, wo Probenahme und Analytik nicht in einer Hand liegen, muß der Analytiker detaillierte Angaben über Art und Herkunft der Probe in Form eines Probenahmeprotokolls erhalten. Vorgaben zur Probenahme und zu beachtende Punkte sollten darum vorher zwischen Probenehmer und Analytiker durchgesprochen werden. Das Probenahmeprotokoll ist generell Bestandteil des Untersuchungsberichtes (Anlage 3).

Die wichtigsten zu beachtenden Punkte bei der Probenahme sind als Merkblatt in Anlage 1 als Kurzfassung der Verfahrensempfehlung zusammengestellt. Anlage 2 enthält ein "Merkblatt für den Probenehmer von Grund-, Roh- und Trinkwasser" als Auszug aus den Grundsatzpapieren des Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetzes.

## 1.2 Arbeitsschutz

Bei allen Arbeiten auf altlastverdächtigen Flächen sind sicherheitstechnische Maßnahmen unerlässlich. Ausführliche Anleitungen zur Anwendung von Arbeitsschutzvorschriften finden sich unter /5/. Für die Arbeiten an den Modellstandorten wurde ein "Schutzkatalog" entwickelt, der wichtige Aspekte des Arbeitsschutzes zusammenfaßt /6/.

Zu beachten ist u. a.:

**Atemschutz und Explosionschutz:**

Bei Verdacht auf flüchtige Schadstoffe oder Deponiegas und generell beim Arbeiten in Schächten oder Schürfen ist ständig ein Combi-Warngerät zu betreiben, das z.B. brennbare Gase (Methan), die Sauerstoff-, Kohlenmonoxid- und Schwefelwasserstoffkonzentration messen kann. Zusätzlich ist von Zeit zu Zeit die Luftqualität mit Prüfröhrchen zu überwachen (CKW, Aromaten).

Bei so erkannter Luftbelastung (evtl. auch durch Staub) ist eine angemessene Atemschutzmaske - bei Arbeiten in Schürfen oder Schächten Vollatemschutz (aktiv oder passiv) - zu benutzen. Höchstzulässige Tragezeiten sind zu beachten!

Haut- und Körperschutz:

Zur Vermeidung von Hautkontakten mit kontaminiertem Material ist die Benutzung von

- Bausicherheitsgummistiefeln
- Einweg-Chemikalien-Schutzanzügen
- Schutzhandschuhen, lang, chemikalienbeständig, mit Unterziehhandschuhen
- Gesichtsschutz und Helm bei Auftreten von Spritzwasser

i. d. R. mindestens vorzusehen.

Vorzuhalten ist ferner:

- Wasser, Reinigungsmittel, Papierhandtücher, Hautschutzcreme
- Erste-Hilfe-Material
- Augendusche

## 1.3 Probenahmestrategie

Zur Erfassung des Ausmaßes einer Kontamination innerhalb bzw. in der Umgebung einer Altlast ist die Festlegung von Entnahmestellen von Boden und Grundwasserproben erforderlich.

Die Probenahmestrategie (z. B. Ort der Entnahmestellen, der Dichte der Beprobungsstellen, Art der Probengewinnung, Anordnung von Grundwassermeßstellen usw.) ist abhängig von der Erkundungsstufe und der Art des zu untersuchenden Schutzgutes (s. Altlastenhandbuch /7/). So müssen die Ergebnisse der Historischen Erkundung, der orientierenden oder näheren Erkundung (je nach Erkundungsstufe) in die Entscheidungen grundsätzlich mit einfließen.

Die Auswahl von Probenahmestellen und die Art der Probenahme steht in direktem Zusammenhang mit dem jeweiligen Untersuchungsziel wie z. B. der Suche nach unbekanntem Verunreinigungen, der Erkundung einer Abgrenzung zwischen belasteten und unbelasteten Bereichen einer Altlast oder die Ermittlung von Maximal- und Mittelwerten von Schadstoffen zur Bewertung und Prüfung von Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen.

Bei einem Altstandort wird eine Beprobung z. B. zuerst an Stellen stattfinden, wo durch Vorkenntnisse aus der historischen Erkundung am ehesten mit Verunreinigungen zu rechnen ist. Zur Ermittlung von durchschnittlichen Schadstoffgehalten einer Altablagerung kann auch ausnahmsweise z. B. eine Rasterbeprobung mit Herstellung von Mischproben aus einem größeren Flächenbereich sinnvoll sein.

Bei der Errichtung von Grundwassermeßstellen zur Grundwasserprobenahme sind die geologischen und hydrogeologischen Besonderheiten des jeweiligen Standortes zu berücksichtigen.

Auf verschiedene Ausarbeitungen für bestimmte Fragestellungen wird verwiesen /8/, /9/, /10/, /11/.

## 2. Probenahme von Bodenmaterial und Abfall

### 2.1 Probengewinnung

Die sachgerechte Durchführung von Aufschlüssen im Boden und die Aufnahme von Schichtenverzeichnissen sind in den DIN-Normen 4021 und 4022 /3/, /4/ festgehalten.

Einzelne Bohr- und Sondierbohrverfahren sowie Schürfe werden ausführlich unter /8/ beschrieben. Erfahrungen mit verschiedenen Methoden sowie deren Vor- und Nachteile sind in den Auswertungen der Modellstandortbearbeitung zusammengefaßt /12/.

Einige wichtige Punkte, die für die Probenahme zur chemisch-physikalischen Analytik zu berücksichtigen sind, sind im folgenden herausgegriffen und aufgeführt:

Verfahren	Vor-/Nachteile
Sondierbohrverfahren: Schlitzsondierungen (Durchmesser 22/28 mm)	keine durchgehenden Kerne bei nichtbindigem Material keine exakte Horizontzuordnung durch Stauchungen geringe Probemenge
Rammkernsondierung (Durchmesser 30-60 mm)	in bindigem Untergrund geologische Ansprache möglich weitgehend ungestörte Proben i. d. R. ausreichende Probemenge
Drehbohrverfahren: Trockendrehbohrungen	Entweichen flüchtiger Stoffe durch Reibungshitze bei Schneckenbohrung stark gestörte Probe
Spülbohrungen	stark gestörte Proben durch Spülflüssigkeit Verunreinigung des Bohrgutes möglich
Kernbohrverfahren: Rammkernbohrung mit Hülse oder Schlauch = Schlauchkernbohrung	weitgehend ungestörte Proben Profilaufnahme und differenzierte Probenahme aus bestimmten Horizonten möglich durch Versiegelung der Kerne sofort nach dem Ziehen grundsätzlich Analyse von leichtflüchtigen Stoffen möglich.

## 2.2 Probenahme für die chemisch-physikalische Untersuchung im Labor

Als Grundlage für die Beprobung von kontaminierten Böden und Abfallstoffen können die Richtlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) /13/, /14/ herangezogen werden. Anleitungen für eine sachgerechte Probenahme finden sich auch unter /15/. Im folgenden sind wichtige Punkte, die bei der Probenahme von Bodenmaterial und Abfall zu beachten sind, aufgeführt:

- a) **Bei der Beprobung von Kernen aus Sondierbohrungen oder Bohrungen gilt generell:** Randbereiche des Bohrkerns verwerfen (dort sind am ehesten Einflüsse durch Bohrwerkzeuge zu erwarten)!
- b) **Bei Schürfen ist zu beachten:** Die Probenahme erfolgt soweit möglich (Arbeitsschutz beachten!) direkt aus der vertikalen Stirnfläche des Schurfs. Damit ist eine Horizontzuordnung der Probe möglich. Die genaue Lage der Probenahmestelle ist im Probenahmeprotokoll zu notieren. Ansonsten erfolgt die Probenahme möglichst sofort direkt aus einem definierten, weitgehend ungestörten Bereich der Baggerschaufel. Ist ein Abkippen der Schaufel nicht zu vermeiden, ist die Probe nach Abtragen der oberen Schicht, die mit der Schaufel in Berührung war, zu entnehmen. Die in etwa rekonstruierte Lage des entnommenen Materials in der Deponie ist in einer Skizze festzuhalten.
- c) Die Bohrkernsowie das durch einen Schurf oder Greiferbohrung gewonnene Material bzw. die Stirnfläche des Schurfs sollten durch Farbphotos dokumentiert werden.
- d) Alle Proben müssen unmittelbar bzw. so schnell wie möglich in geeignete Gefäße (s. 2.6.2) überführt werden.
- e) Proben für die Untersuchung auf flüchtige Stoffe müssen zuerst entnommen und in dicht schließende Glasgefäße abgefüllt oder ggf. vor Ort für die Analyse vorbereitet werden (z. B. Abfüllen in Headspacegläschen, ggf. Zusatz von Lösungsmittel oder dest. Wasser mit Lösungsvermittler und dichtes Verschließen mit teflonbeschichteten Butylsepten).
- f) Schlauchkernproben, die zur Untersuchung von flüchtigen Schadstoffen entnommen wurden, sollten soweit möglich erst im Labor geöffnet werden. Ist ein Öffnen vor Ort nicht zu umgehen, so müssen die Proben nach e) sofort entnommen und möglichst auch vor Ort für die Analyse vorbereitet werden.
- g) Eine evtl. notwendige Wiederholungsbeprobung an der gleichen Probenahmestelle (z. B. aus Schurf) muß unbedingt unter gleichen Bedingungen durchgeführt werden - vor allem wenn Probenahme und Analyse nicht durch das gleiche Labor erfolgen - da sonst die Ergebnisse u. U. nicht vergleichbar sind.

## 2.3 Probenauswahl

Je nach Fragestellung kann eine gezielte **Auswahl von Proben** für die chemisch-physikalische Untersuchung bereits durch den sachkundigen Probenehmer vor Ort erfolgen. Für eine umfassende Information über Art und Verteilung von Schadstoffen sind dagegen meist umfangreichere Beprobungen einer Altlast notwendig. Generell sind folgende Hinweise zur Probenauswahl zu beachten:

### 2.3.1 Einzelproben

**Einzelproben** sollten immer entnommen werden

- bei Antreffen optisch auffälliger Horizonte
- bei Antreffen geruchlich besonders auffälliger Horizonte wie z. B. Ölkontaminationen, Teerverunreinigungen
- bei Antreffen von auffälligen Gegenständen wie z. B. Kanistern mit Füllung, Fässern u. a. (bei Greiferbohrung oder Schurf).
- für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe (z. B. CKW oder BTX-Aromaten).

### 2.3.2 Mischproben

**Mischproben** können hergestellt werden durch Mischung etwa volumengleicher Einzelproben aus einem bestimmten Tiefenhorizont. Dabei werden i.d.R. die einzeln entnommenen Proben direkt in ein gemeinsames geeignetes Probengefäß abgefüllt. Beispielsweise kann eine Mischprobe aus einem Profil durch Entnahme von Proben in bestimmten Abständen hergestellt werden. Ebenso können Mischproben vertikal über mehrere Meter oder über das gesamte erbohrte Profil entnommen werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Proben aus einer bestimmten Fläche mit mehreren Sondierungen oder Bohrungen zu einer Mischprobe zu vereinigen.

Bei schwierigen Fragestellungen kann es sinnvoll sein, vor Ort Einzelproben zu entnehmen und erst im Labor daraus Mischproben herzustellen. Teile der Einzelprobe können dann als Rückstellproben für evtl. notwendige Nachuntersuchungen aufbewahrt werden.

Mischproben können auch das Ergebnis einer Probenteilung sein (s. 2.4).

**Für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe sollten auf keinen Fall Mischproben hergestellt werden!**

## 2.4 Probenteilung

Bei Anfall von großen Mengen Bohrguts z. B. bei Greiferbohrungen oder einem Baggerschurf ist es sinnvoll zur Reduzierung der angefallenen Probenmenge eine Probenteilung vorzunehmen.

Zur **Probenteilung** bei einer Greiferbohrung (z.B. Durchmesser 600 mm) aus einem Tiefenintervall von je 50 cm wurde folgendes Vorgehen (Beispiel Deponie MoSt Osterhofen /16/) gewählt:

1. Aufbau von 3 "Probenkreuzen" (bestehend aus Edelstahlplatten von ca. 5 mm Dicke; Höhe ca. 50 cm; Breite ca. 100 cm) auf unterlagernden Plastikfolien (ca. 3-4 m<sup>2</sup> je Probenkreuz). Anstelle eines "Probenkreuzes" können auch vier zusammengestellte Boxen (Transportkisten) verwendet werden.
2. Entleerung des gesamten Probenmaterials (1-2 Greiferfüllungen) aus einem 50 cm Tiefenintervall über der Mitte des 1. Probenkreuzes, dadurch Vierteln des Materials. Grobteile sind hierbei bereits auszusortieren.
3. Drei Viertel des Materials werden verworfen und mittels Schaufel und Plastikkübel direkt in abdeckbare, flüssigkeitsdichte Container gefüllt. (Die unterlagernde Plastikfolie wird ebenfalls entsorgt.)
4. Das verbleibende Viertel des Materials wird mittels Schaufeln über ein zweites Probenkreuz geworfen und dadurch nochmals geviertelt.
5. Drei Viertel des Materials werden analog zu Schritt 3 verworfen.
6. Das restliche Viertel des Materials wird mittels Schaufel in einen 10 l Plastikeimer mit luftdicht verschließbarem Deckel umgefüllt und in das Labor transportiert. (Bei Vorhandensein von groben Bestandteilen (> ca. 20 cm) wie z.B. Holz, Plastik, Eisenteilen ..., werden diese vor Umfüllen des Materials in den Plastikeimer von Hand aus-sortiert, ihre Gewichtsanteile abgeschätzt und im Probenahmeprotokoll notiert.
7. Im Labor weitere Sortierung und Klassierung des Probenmaterials gemäß Kapitel 2.5.2 mit Bestimmung der einzelnen Gewichtsfraktionen (Holz, Metall, Glas, Plastik, Papier ...).
8. Analyse des Feinanteils.

Ein entsprechendes Vorgehen kann auch bei nichtbindigem Material z.B. Kies gewählt werden. Mit der Probenteilung ist dann auch eine gewisse Homogenisierung des Materials verbunden.

## 2.5 Sortierung von inhomogenem Probenmaterial (insbesondere Abfallproben)

### 2.5.1 Bodenproben

Aus der Gesamtmenge einer vorliegenden **Bodenprobe** müssen grobe Anteile wie Steine, Holzstücke o. ä. aussortiert oder durch Absieben abgetrennt, beschrieben und ihre Gewichtsverhältnisse möglichst durch Wägung bestimmt werden; das wird am zweckmäßigsten im Labor durchgeführt. Die Analysenergebnisse werden bezogen auf den Feinanteil (soweit möglich < 2 mm) angegeben, i. a. berechnet auf die Trockensubstanz. Dies ist im Analysenprotokoll mit Angabe des Gewichts der aussortierten Teile zu vermerken.

### 2.5.2 Abfallproben

Insbesondere bei Ablagerungsgut wie z. B. **Hausmüll** oder mit Hausmüll gemischten **Industrie- und Gewerbeabfällen** ist es unmöglich, repräsentative Proben zu entnehmen.

Ist es aufgrund der Fragestellung dennoch erforderlich, Proben chemisch-physikalisch zu analysieren, so wird zur Vorbereitung einer Analyse von solch inhomogenem Material folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- a) Bei Altablagerungen mit überwiegend **Hausmüll** aussortieren der einzelnen Müllfraktionen wie z. B.
  - Papier, Pappe
  - Papierverbund, Kunststoff
  - Textilien, Holz, Knochen, Gummi
  - Metalle
  - Glas
  - feinkörnige Fraktion bzw. organisches Material, bodenähnliches Material, < 2 mm.

Auch hier sollen die einzelnen Fraktionen beschrieben und ihre Gewichtsverhältnisse bestimmt werden. Häufig ist eine Bestimmung der Gewichtsverhältnisse vor Ort nicht möglich, dann sollte zumindest eine prozentuale Abschätzung vorgenommen werden.

Eine chemisch-physikalische Analyse soll zunächst nur von der feinkörnigen Fraktion vorgenommen werden.

- b) Bei überwiegendem Anteil von Industrie-Gewerbemüll oder Bauschutt ist in möglichst unterscheidbare Fraktionen zu sortieren, diese zu beschreiben und die Gewichtsverhältnisse zu bestimmen. Welche Fraktion anschließend chemisch-physikalisch analysiert werden soll, muß im Einzelfall ggfs. vor Ort entschieden werden.
- c) Bei der Probenahme deutlich erkennbare "Sonderproben" wie z. B. Schlämme, Pasten, Farben o. ä. sind gesondert zu entnehmen und zu analysieren.

Generell ist die Zusammensetzung von Abfallproben vor und ggfs. nach dem Sortieren durch Farbfotos zu dokumentieren.

## 2.6 Vermeidung von Veränderungen der Probe

Die Zusammensetzung einer Boden- oder Abfallprobe kann sich durch den Entnahmevorgang aus verschiedensten Gründen ändern /14/:

- Abrieb von Probenahmegeräten und -werkzeugen
- Schadstoffverschleppungen durch nicht gereinigte Gerätschaften
- Verflüchtigung von Schadstoffen bei zu langer offener Zwischenlagerung
- Verunreinigung durch Einfluß von Benzindämpfen oder Abgasen der motorbetriebenen Probenahmegeräte/Fahrzeuge
- Oxidationsprozesse beim Luftzutritt an reduzierte Proben
- Photolytische Zersetzung bestimmter Schadstoffe durch Tages-/Sonnenlicht
- Veränderung durch mikrobiologische Aktivität.

Deshalb ist folgendes zu beachten:

### 2.6.1 Probenahmewerkzeuge

**Geräte zur Probenahme** (Probenahmewerkzeuge wie Probestecher, Probebohrer, Spatel u. ä.) sollen aus Werkstoffen bestehen, durch welche die Proben bei der Entnahme nichtverunreinigt werden. So kann z. B. durch Metallabrieb die Schwermetallanalyse beeinflusst werden.

In Abhängigkeit von Probegut und Analyseziel sollten vorzugsweise nicht rostende Stähle oder Kunststoffe verwendet werden.

Um Kontaminationen und Schadstoffverschleppungen zu vermeiden, sind die Probenahmewerkzeuge nach jeder Entnahme zu wechseln oder vor Ort gründlich zu säubern, z. B. durch Abspülen mit Wasser über Sammelgefäß, Abwischen mit sauberen Labortüchern, ggfs. Nachreinigung mit Aceton.

### 2.6.2 Probengefäße, Probenmenge

Das Material und das Volumen der **Probengefäße** richtet sich nach den zu untersuchenden Parametern, der Art und der verfügbaren Menge des Probematerials. Generell muß sichergestellt sein, daß die verwendeten Probengefäße nicht mit den zu untersuchenden Parametern kontaminiert sind.

- a) Zur Untersuchung auf Schwermetalle und anorganische Parameter Glasgefäße mit Schraubverschluß oder Twist-off-Deckeln verwenden. Eine Probemenge von ca. 500 g reicht in der Regel aus. Sollte aus probenahmetechnischen Gründen weniger Probematerial anfallen, muß ggfs. der Parameterumfang vermindert werden.
- b) Zur Untersuchung auf organische Parameter Glasgefäße mit Schraubverschluß oder Twist-off-Deckel ggfs. mit Aluminiumfolie als Einlage verwenden. Geeignet sind auch Weckgläser mit Glasdeckel und Metallbügelspanner (evtl. mit Teflondichtung). Probe-

menge zwischen 500 g und 2 kg je nach Homogenität des Materials bzw. je nach Umfang der zu bestimmenden Parameter.

- c) Zur Untersuchung auf leichtflüchtige Bestandteile sollte ein weiteres Glasgefäß (wie für organische Parameter oder Schliffgefäß mit Teflonmanschette; bis 500 ml) rasch und randvoll gefüllt werden. Für Headspace-Untersuchungen sind die Proben vor Ort abzufüllen und analysesfertig vorzubereiten.

Geeignete "Gefäße" sind auch Schlauchkerne wie bereits unter 2.2 f beschrieben.

### 2.6.3 Kennzeichnung, Transport, Aufbewahrung

- a) Eine sorgfältige, beständige Beschriftung oder Etikettierung der Probenahmegefäße ist unerlässlich, um die einwandfreie Identifikation der Probe zu gewährleisten (Entnahmedatum, Ort, Tiefe der Entnahme, Bohr- und Profilvernummer).
- b) Die Probenbehälter sind nach dem Befüllen fest verschlossen, kühl und dunkel gelagert, so schnell wie möglich der Untersuchung zuzuführen. Um Veränderungen durch biologische oder chemische Vorgänge zu minimieren, sind die Proben auch im Labor bis zur Untersuchung dunkel und kühl (ca. 4° C oder tiefgefroren) zu lagern.

Eine Aufbewahrung der restlichen Probemenge ist mindestens bis ca. 3 Monate nach Abschluß des Untersuchungsberichtes erforderlich.

Es ist grundsätzlich nötig, einige parallel genommene Proben als Rückstellproben aufzubewahren. Diese sollten wie unter 2.6.2c "leichtflüchtige Parameter" beschrieben in Schraubgläser abgefüllt werden.

## 2.7 Dokumentation

- a) Eine genaue Protokollierung der Probenahme ist gemäß den Vorgaben des Probenahmeprotokolls vorzunehmen. Es ist insbesondere eine genaue Kartierung der Probenahmestelle in einen Lageplan vorzunehmen. Eine Mehrfertigung des Probenahmeprotokoll ist Bestandteil des Untersuchungsberichts.
- b) Eine gewissenhafte organoleptische Untersuchung (Farbe, Aussehen, Geruch) ist durchzuführen und die festgestellten Merkmale im Probenahmeprotokoll anzugeben. (Vorsicht: flüchtige Schadstoffe!). Diese Untersuchung ist im Labor durch einen anderen Mitarbeiter als den Probenehmer vor Ort zu wiederholen.
- c) Generell ist eine Dokumentation des Probenmaterials und der Probenahmestelle durch Farbfotos sinnvoll.

### 3. Probenahme Grundwasser

Die **Probenahme Grundwasser** soll gemäß der Grundsatzpapiere für den Aufbau und den routinemäßigen Betrieb des Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetzes /17/ durchgeführt werden, die auf Grundlage verschiedener ausführlicher Abhandlungen /18/, /19/, /20/, /21/ und praktischer Erfahrungen erstellt wurden.

Hierbei wird insbesondere auf die Papiere

3.8 Anleitung zur Probenahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser

3.9 Einheitliches Probenahmeprotokoll für die Untersuchung von Grund-, Roh- und Trinkwasser

verwiesen.

Während der Probenahme sind eine organoleptische Untersuchung (Farbe, Trübung, Geruch) sowie die Messung von Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt (ggf. auch Redoxpotential) durchzuführen (s. auch /17/). Auf eine evtl. notwendige chemische Stabilisierung der Proben vor Ort /17/, /22/ sowie bestimmte Maßnahmen beim Transport ist zu achten.

Die in /17/ vorgeschriebenen Probenahmeprotokolle sind **unbedingt** zu führen.

Bei stark kontaminiertem Grundwasser sind auch die Hinweise im nachfolgenden Kapitel 4. zu beachten.

## 4. Probenahme Sickerwasser

Bei der **Probenahme von Sickerwasser** ist prinzipiell wie bei der Probenahme Grundwasser vorzugehen.

Im Vergleich zu Grundwasserproben können sich jedoch zusätzliche Schwierigkeiten bei der Probenahme ergeben, z. B. durch

- Inhomogenität der Probe, Phasenbildung, Niederschläge (Repräsentativität!)
- Veränderungen infolge von Sauerstoff-Zutritt
- Erhöhte Temperatur des Sickerwassers
- Auftreten von Gas und flüchtigen Stoffen
- Schwierige Stabilisierung
- Geruchsbelästigung/Schadstoffbelastung des Probenehmers
- Pumpwasserentsorgung etc.

Die Proben müssen daher besonders sorgfältig behandelt werden (Verhinderung von Sauerstoffzutritt etc.). Bei hohen Schwebstoffgehalten ist ggf. auf ein Ansäuern zur Stabilisierung zu verzichten.

Alle beobachteten Besonderheiten müssen durch entsprechende Vermerke im Probenahmeprotokoll festgehalten werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- /1/ DIN 19680 Bodenuntersuchungen im landwirtschaftlichen Wasserbau; Bodenaufschlüsse und Grundwasserbeobachtung
- /2/ DIN 19681 Bodenuntersuchungen im landwirtschaftlichen Wasserbau; Entnahme von Bodenproben
- /3/ DIN 4021 Blatt 1 Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
- /4/ DIN 4022 Blatt 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Untersuchungen und Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben
- /5/ Burmeier, Dreschmann, Egermann, Ganse, Rumler: Sicheres Arbeiten auf Altlasten. Aachen, 1990
- /6/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Schutzkatalog "Arbeitsschutz bei Erkundungsstufen E0-1 sowie E1-2 bis E3-4" (Stand Oktober 1988)
- /7/ Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg: Altlasten-Handbuch Teil I: Altlasten-Bewertung, Teil II: Untersuchungsgrundlagen. Stuttgart, 1988
- /8/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Leitfaden für die Erkundung von Altlasten, Teil I, Grundwasser, erstellt durch Trischler und Partner, Dez. 1989
- /9/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Empfehlungen für die Probenahme und Analytik von Bodenluft (Stand: April 1990)
- /10/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Materialien zur Altlastenbearbeitung Band 1, Erkundung ehemaliger Gaswerkstandorte, Februar 1990
- /11/ Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden. Recklinghausen, 1988
- /12/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Erfahrungsbericht II, Modellstandorte in Vorbereitung
- /13/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinien für das Vorgehen bei physikalischer und chemischer Untersuchung im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen PN 2/78 - Entnahme und Vorbereitung von Proben aus festen, schlammigen und flüssigen Abfällen (Stand 12/83)
- /14/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinien für das Vorgehen bei physikalischer und chemischer Untersuchung im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen PN 2/78-K - Grundregeln für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen (Stand 12/83)
- /15/ Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen: Probenahme bei Altlasten. Düsseldorf, 1989
- /16/ Modellstandort Osterhofen, Zwischenbericht II, 1989
- /17/ Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg: Handbuch Hydrologie Baden-Württemberg, Grundwasserüberwachungsprogramm, Konzept und Grundsatzpapiere. Stuttgart, 1989

- /18/ DIN 38402, Teil 13 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Angaben (Gruppe A): Probenahme aus Grundwasserleitern (A13)
- /19/ DIN 38402, Teil 14 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Angaben (Gruppe A): Probenahme von Rohwasser und Trinkwasser (A14)
- /20/ DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau/ (1982): Merkblatt 203 - Entnahme von Proben für hydrogeologische Grundwasseruntersuchungen. Verlag Paul Parey; Hamburg-Berlin
- /21/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Richtlinien für das Vorgehen bei physikalischer und chemischer Untersuchung im Zusammenhang mit der Beseitigung von Abfällen PN 1/75 - Entnahme von Wasserproben
- /22/ Normentwurf DIN 38402, Teil 21 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Allgemeine Grundlagen (Gruppe A): Hinweise zur Konservierung und Handhabung von Wasserproben (A21)

# Anlagen

## Anlage 1: Merkblatt für die Probenehmer von Bodenmaterial und Abfall bei der Altlastenerkundung

(Stand: August 1990)

1. Die sachgerechte Probenahme von kontaminiertem Bodenmaterial und Abfall zur Erkundung von Altlasten ist eine Grundvoraussetzung für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit von Analyseergebnissen.
2. Die Probenahme sollte in der Regel durch einen Chemiker in Zusammenarbeit mit einem Geologen oder Bodenkundler erfolgen.
3. Auf die Einhaltung notwendiger Arbeitsschutzvorkehrungen ist zu achten.
4. Bei der Entnahme von Proben für die chemisch-physikalische Untersuchung im Labor, die durch verschiedene Verfahren (Sondierungen, Bohrungen, Schurf) gewonnen wurden, ist folgendes zu beachten:
  - Bei Beprobung von Kernen aus Sondierbohrungen oder Bohrungen Randbereiche des Bohrkerns verwerfen.
  - Proben bei einem Schurf möglichst direkt aus der vertikalen Stirnfläche entnehmen.
  - Proben für die Untersuchung auf flüchtige Stoffe zuerst entnehmen, Schlauchkernproben zur Untersuchung auf flüchtige Schadstoffe möglichst erst im Labor öffnen.
  - Einzelproben immer entnehmen bei Antreffen optisch oder geruchlich auffälliger Horizonte, für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe.
  - Mischproben entweder vertikal aus bestimmtem Abschnitt eines Bohrprofils entnehmen oder horizontal Proben einer bestimmten Fläche aus mehreren Sondierungen oder Bohrungen mischen.
  - Für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe auf keinen Fall Mischproben herstellen.
  - Probenteilung bei großen Mengen Bohrguts ggfs. über "Probenkreuz" durchführen.
  - Bei Bodenproben grobe Anteile, wie Steine, Holzstücke etc. aussortieren. Analysen aus dem Feinanteil vornehmen und die Ergebnisse auf den Feinanteil berechnet auf die Trockensubstanz beziehen.
  - Vorsortierung auch bei Hausmüll oder Industrie-Gewerbemüll oder Bauschutt vornehmen, falls eine chemisch-physikalische Analyse durchgeführt werden soll nur von der feinkörnigen Fraktion vornehmen.
  - Veränderungen der Probe durch geeignete Probenahmewerkzeuge vermeiden.
  - Als Probengefäße möglichst Einwegglasgefäße mit Schraubverschluß oder Twist-off-Deckel verwenden.

- Die Beschriftung der Probenahmegefäße muß das Entnahmedatum, Ort der Entnahme, Tiefe der Entnahme, Bohr- und Profilvernummer enthalten.
- Die Probenbehälter sollen kühl und dunkel gelagert werden und möglichst schnell der Untersuchung zugeführt werden.
- Eine genaue Protokollierung der Probenahme ist gemäß den Vorgaben des Probenahmeprotokolls vorzunehmen. Eine Mehrfertigung des Probenahmeprotokolls ist Bestandteil des Untersuchungsberichts.

Generell ist eine Dokumentation des Probenmaterials und der Probenahmestelle durch Farbfotos sinnvoll.

Die Probenahme Grundwasser richtet sich nach den Grundsatzpapieren für den Aufbau und den routinemäßigen Betrieb des Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetzes. Siehe hierzu Anlage 2.

## Anlage 2: Merkblatt für den Probenehmer von Grund-, Roh- und Trinkwasser

Repräsentative Untersuchungsergebnisse setzen eine sachgerechte Probenahme voraus. Die Verantwortung für die Qualität von Untersuchungsergebnissen liegt damit letztendlich beim Probenehmer. Die allgemeinen Grundsätze für die Planung und Vorbereitung von Beprobungen sind in der "Anleitung zur Probenahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser" erläutert.

Die Probenahme ist mit der Betreiber der Meßstelle terminlich abzustimmen (Berücksichtigung von Spitzenstromsperrern!). Die Probenahme muß an der gekennzeichneten Probennahmestelle erfolgen.

Der Umfang der Messungen bei der Probenahme richtet sich nach den Vorgaben im Probenahmeprotokoll. Bei der Durchführung der Temperaturmessung ist besonders auf verfälschende Einflüsse z.B. Sonneneinstrahlung, Reibungswärme von Pumpen etc. zu achten. Die Temperaturmessung selbst erfordert eine Mindestmeßzeit von einer Minute. Bei der Messung der pH-Wertes, der Leitfähigkeit oder des Sauerstoffgehaltes sind die jeweiligen (gerätespezifischen) Anleitungen zu beachten. Alle Meßergebnisse sind in das Probenahmeprotokoll einzutragen.

Für die Probenahme sind die vorgegebenen Probenahmegeräte zu verwenden. Die Geräte sind nach jedem Beprobungstag sorgfältig zu reinigen. Evtl. Ablagerungen in der Pumpe sind zu entfernen, Pumpe und Schlauch sind mit sauberen (Grund-)Wasser gründlich zu spülen und anschließend zu trocken. Für die Beprobung von verunreinigten und von unbelastetem Grundwasser sollten verschiedene Sätze von Probenahmegeräten verwendet werden, um Schadstoffverschleppungen zu vermeiden.

Die Beprobung von genutzten Brunnen sollte während des Förderbetriebes erfolgen. Vor Entnahme der Wasserprobe müssen die Förderpumpen jedoch mindesten 15 Minuten in Betrieb sein, zumindest muß das anstehende Volumen des Brunnenrohrs einmal abgepumpt sein. Vor Befüllen der Probenflaschen ist das in der Entnahmeleitung (Steigrohrleitung, Entnahmehahn usw.) stagnierende Wasser abzulassen.

Die Probenahme erfolgt mittels eines kurzen, sauberen Kunststoffschlauchs aus dem Probennahmehahn. Die Proben sind in die vorgegebenen Probenflaschen abzufüllen. Die Flaschen werden mit Probenwasser mehrfach vorgespült. Die Förderung des für die Probenahme verwendeten Wassers muß blasenfrei erfolgen, der Probennahmehahn ist entsprechend zu drosseln. Der Entnahmeschlauch ist bis zum Flaschenboden einzutauchen. Die Probeflaschen werden von unten gefüllt bis ein mehrfaches des Flascheninhaltes übergelaufen ist. Probeflaschen, in denen sich bereits ein Stabilisierungsmittel befindet, werden unmittelbar befüllt. Nach Herausziehen des Schlauches ist die Flasche sofort zu verschließen.

Auf den Flaschenetikett müssen in jeden Fall die Meßstellenummer und das Probenahmedatum angegeben sein. Weitere Angaben wie die Bezeichnung der Meßstelle, die zu untersuchenden Parameter und evtl. Konservierungsmaßnahmen sind selbstverständlich möglich.

Die entnommenen Wasserproben müssen so schnell wie möglich zum Untersuchungslabor gebracht werden. Die Unterbringung der Probenflaschen während des Transports erfolgt vorzugsweise in Kühltaschen oder Kühlbehältern bei ca. 4°C. Die Verschlüsse der Probenflaschen sind sorgfältig zu sichern. Die Anlieferungstermine größerer Probenmengen sollten mit dem Labor abgestimmt werden.

Die Durchführung der Probenahme an nicht (regelmäßig) genutzte Brunnen erfolgt entsprechend der Probenahme an Grundwassermeßstellen.

Die Beprobung von Quellen und Stollen sollte grundsätzlich von deren abstromiger Seite her erfolgen, um insbesondere bei für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Fassungen einen Eintrag von Fremdstoffen auszuschließen.

Die Proben sind aus dem stetig fließenden Quellauslauf zu nehmen. Das Befüllen der Probenflaschen erfolgt bei freiem Auslauf mittels eines Kunststofftrichters mit aufgestecktem kurzem und sauberem Kunststoffschlauch. Im übrigen ist gemäß den entsprechenden Hinweise für die Abfüllung der Proben bei genutzten Brunnen zu verfahren.

Bei überstauten Quell- und Stollenausläufen können die Probeflaschen falls möglich durch Eintauchen gefüllt werden. Die Proben für gasförmige Parameter sollten in diesen Fällen vorzugsweise mittels einer kleiner Unterwasserpumpe aus dem überstauten Ablauf entnommen werden.

Die Probenahme an Grundwassermeßstellen erfolgt grundsätzlich durch Abpumpen. Schöpfproben sind nur ausnahmsweise bei entsprechender Anweisung im Probenahmeprotokoll durchzuführen.

Vor Entnahme der Wasserprobe(n) ist die Meßstelle gemäß den Vorgaben im Probenahmeprotokoll abzupumpen (Abpumpdauer, Förderstrom, Tiefenlage der Pumpe usw.). Fehlen entsprechende Vorgaben, ist die Probe nach Abpumpen von zwei Beobachtungsrohrvolumen, frühestens jedoch nach 15 Minuten bzw. Konstanz der Leitfähigkeit zu entnehmen. Die Pumpe wird zwei Meter unterhalb des maximal abgesenkten Wasserspiegels angeordnet. Während des Abpumpen ist der Wasserspiegel mit Hilfe eines Lichtlots mehrmals zu messen.

Wird bei der Probenahme ein Stromaggregat eingesetzt, muß dieses in Windrichtung in möglichst großer Entfernung zur Probenahmestelle plaziert werden.

Das Befüllen der Probeflaschen erfolgt in diesen Fällen "im Bypass" über eine im Förder-schlauch angebrachte Verzweigung mit Probenahmehahn und -schlauch. Die weitere Behandlung der Probenflaschen erfolgt gemäß den entsprechenden Hinweisen von genutzten Brunnen.

Probenahmen in Pumpwerken und Hochbehältern erfolgen entsprechend Anweisungen aus den jeweiligen Zu- oder Ablaufleitungen. Die Entnahme von Wasserproben daraus und aus sonstigen durchflossenen Leitungen erfolgt gemäß der Probenahme an genutzten Brunnen.

# Anlage 3a: Probenahmeprotokoll

<h2 style="margin: 0;">Probenahmeprotokoll</h2>		Anlage 3a										
(ggf. auch für zusätzliche Angaben bei Verwendung des Sammelprotokolls)												
Meßobjekte: <b>Boden [ 07 ] / Abfall [ 08 ]</b> <small>(nichtzutreffendes streichen)</small>												
Meßstellentyp : [ 10 ]												
Altlastverdächtige Fläche : _____		Obj.nr.: _____										
LfU-Meßstellennummer :	_____ - _____	(Standortnummer)										
WWA : _____	[ <u>WWANH</u> ]	Überprüfungsart: _____ [ <u>S700</u> ] <small>(Anlaß der Probenahme)</small>										
Standorttyp : _____	[ <u>AL20</u> ]	Probenart: _____ [ <u>P100</u> ]										
Bezeichnung der Probenahmestelle : _____												
Lokal-Koordinaten	X: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">_____ , _____</span> m	Y: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">_____ , _____</span> m										
Probenahmezeit:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Tag</td> <td style="text-align: center;">Monat</td> <td style="text-align: center;">Jahr</td> <td style="text-align: center;">h</td> <td style="text-align: center;">min</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">19</td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Tag	Monat	Jahr	h	min			19			bis
Tag	Monat	Jahr	h	min								
		19										
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Tag</td> <td style="text-align: center;">Monat</td> <td style="text-align: center;">Jahr</td> <td style="text-align: center;">h</td> <td style="text-align: center;">min</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">19</td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Tag	Monat	Jahr	h	min			19			
Tag	Monat	Jahr	h	min								
		19										
Probegut: _____	[ <u>S810</u> ]	Entnahmegesetz: _____ [ <u>P010</u> ]										
Entnahmetiefe von _____ m bis _____ m												
Menge der Probe : _____	Probenahme-Gefäß: _____ [ <u>P015</u> ]											
Wetter: _____	Lufttemperatur: _____ °C											
Organolept. Befund: _____	Konsistenz: _____											
Farbe: _____	Geruch: _____											
Beobachtungen/Bemerkungen: <small>(z.B. Gasentwicklung o.ä., ggf. auch Vor-Ort-Untersuchungen)</small>												
_____												
_____												
_____												
Probenvorbehandlung: _____		[ <u>P020</u> ]										
Probenkonservierung: _____		[ <u>P000</u> ]										
Probenüberführung und Lagerung bis zum Untersuchungslabor: _____												
wurden Vergleichsproben entnommen:	ja/nein	durch wen: _____										
vermutete Schadstoffe: _____												
Untersuchungslabor: _____												
Probennummer: _____	Lab.Bearbeitungsnummer: _____											
Probenehmer/Firma: _____												
Ort, Datum: _____	Unterschrift: _____											
Landesanstalt f. Umweltschutz, Abteilung "Boden, Abfall, Altlasten", Referat 54												

# Anlage 3b: Sammelprotokoll

**Anlage 3b**  
( für weitere Angaben ggf. Probenahmeprotokoll für Einzelprobe verwenden )

**Sammelprotokoll**  
 Meßobjekte: **Boden [ 07 ] / Abfall [ 08 ]** (nichtzutreffendes streichen)

Meßstellentyp : [ 10 ]

Altlastverdächtige Fläche : \_\_\_\_\_ Obj.nr.: \_\_\_\_\_

LfU-Meßstellennummer : ----- ( Standortnummer )

WWA : \_\_\_\_\_ [ WWANF ] (Anlaß der Probenahme) Überprüfungsart: \_\_\_\_\_ [ S700 ]

Standorttyp : \_\_\_\_\_ [ AL20 ] Probenart: \_\_\_\_\_ [ P100 ]

Lokalkoordinaten: X: ----- m Y: ----- m

Probenahmezeitpunkt: 

Tag	Monat	Jahr	h	min
		19		

 Probennehmer/Firma: \_\_\_\_\_  
 Unterschrift: \_\_\_\_\_

	Bezeichnung der Probenahmestelle	Bohrung/ Schürfe Nr.	Tiefe	Entnahme Uhrzeit	Wetter	Probenahmegefäß	Rückstellproben entnommen
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
0							

	Organolept. Beschreibung der Probe:			Bemerkungen <small>(auffälliger organolept. Befung, besondere Beobachtungen, z.B. Gasentwicklung , vor-Ort-Unters.)</small>
	Farbe	Geruch	Konsistenz	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
0				

Landesanstalt f. Umweltschutz, Abteilung "Boden, Abfall, Altlasten", Referat 54

## Indexverzeichnis

<b>A</b>		
Abfall		
Probennahme .....	20, 21	
Abfallprobe		
Allgemeines .....	24, 25	
Merkblatt für die Probenehmer .....	31	
Altlastenerkundung		
Probennahme .....	17	
Analytik		
Bodenluft .....	7	
Arbeitsschutz		
Probennahme .....	18	
<b>B</b>		
Bodenluft		
Analytik .....	7	
Probennahmemethode nach Neumayr ..	6	
Probennahmeverfahren .....	2	
Bodenluftprobe		
Allgemeines .....	1	
Bodenluftprobennahme		
Anreicherungsmethode .....	14	
Anreicherungsmethode nach TAUW ...	9	
Kanitz-Selenka-Verfahren .....	11	
Neumayr-Methode .....	14	
VDI-Richtlinien .....	11	
Vor-Ort-Methoden .....	12	
Bodenluftuntersuchung		
Allgemeines .....	1	
Lage der Meßpunkte .....	5	
Parameterliste und Bestimmungsgrenzen		
.....	13	
Vorerhebungen .....	4	
Bodenmaterial		
Probennahme .....	20, 21	
Bodenprobe		
Allgemeines .....	24, 25	
Merkblatt für die Probenehmer .....	31	
<b>E</b>		
Einzelprobe .....	22	
<b>G</b>		
Grundwasser		
Probennahme .....	27	
<b>K</b>		
Kanitz-Selenka-Verfahren .....	11	
<b>M</b>		
Mischprobe .....	22	
<b>P</b>		
Probenauswahl .....	22	
Probennahme		
Abfall .....	20, 21	
Bodenmaterial .....	20, 21	
Grundwasser .....	27	
Sickerwasser .....	28	
Verfahrensempfehlung .....	17	
Probennahmeverfahren		
Bodenluft .....	2	
Probenteilung .....	23	
<b>S</b>		
Sickerwasser		
Probennahme .....	28	
<b>V</b>		
VDI-Richtlinien		
Bodenluft .....	11	
<b>W</b>		
Wasserprobe		
Merkblatt für den Probenehmer .....	33	