

Probennahme von Boden und Abfall im Rahmen der Altlastenbearbeitung

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

Stand: 24. Juni 1997

Bearbeiterin: Jutta Witt-Hock
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Abteilung 5 Boden Abfall Altlasten
Referat 54 Sanierung von Altlasten und Grundwasserschadensfällen
Sachgebiet 54.1 Erkundung, Überwachung

**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

1. EINLEITUNG	1
1.1 ZIELSETZUNG UND PROBLEMATIK	1
1.2 ALLGEMEINE VORGABEN	2
2. PROBENNAHMESTRATEGIE.....	3
2.1 ANORDNUNG UND ANZAHL DER PROBENNAHMEPUNKTE.....	3
2.2 HORIZONTALE ANORDNUNG	4
2.3 BEPROBUNGSINTERVALLE UND -TIEFEN	5
3. ARBEITSSCHUTZ.....	6
4. PROBENGEWINNUNG / AUFSCHLUßVERFAHREN	7
4.1 ALLGEMEINES	7
4.2 KLEINBOHRUNGEN.....	9
4.2.1 Handbohrungen.....	9
4.2.2 Kleinrammbohrungen	10
4.3 GROßBOHRUNGEN.....	12
4.3.1 Großbohrungen mit Kerngewinn.....	12
4.3.2 Großbohrungen ohne Kerngewinn	15
4.4 SCHÜRFE.....	16
5. ANSPRACHE UND PROBENENTNAHME	19
5.1 ANSPRACHE	19
5.2 ALLGEMEINE VORGABEN FÜR DIE ENTNAHME VON PROBEN	21
5.3 PROBENMENGEN	22
5.3.1 - für chemische Untersuchungen	23
5.3.2 - für bodenphysikalische Untersuchungen.....	23
5.4 PROBENAUSWAHL UND -VORBEREITUNG.....	24
5.4.1 Einzel- bzw. Stichproben	24
5.4.2 Mischproben	25
5.4.3 Rückstellproben	25
5.4.4 Referenzproben.....	26
5.4.5 Probenteilung / -Reduktion.....	26
5.4.6 Sortierung von Probenmaterial	26
5.5 BEPROBUNG VON BOHRKERNEN	27
5.6 BEPROBUNG VON SCHÜRFEN	27
5.7 BEPROBUNG BEI LEICHTFLÜCHTIGEN SCHADSTOFFEN	28
6. PROBENBEHANDLUNG.....	29
6.1 PROBENGEFÄßE.....	29
6.1.1 Auswahl von Probengefäßen	29
6.1.2 Reinigung der Probengefäße	32
6.1.4 Beschriftung der Probengefäße	32
6.2 PROBENTRANSPORT, PROBENKONSERVIERUNG UND PROBENLAGERUNG.....	34
7. BODENPROBENNAHME NACH „VWV BODENPROBEN“.....	36
8. ENTSORGUNG	37
9. DOKUMENTATION.....	38
9.1 STANDORTBESCHREIBUNG	38
9.2 SCHICHTEN- ODER PROFILBESCHREIBUNG	40
9.3 PROBENNAHMEPROTOKOLL	42

10. QUALITÄTSSICHERUNG	45
10.1 ZIEL, NOTWENDIGKEIT UND VORAUSSETZUNGEN	45
10.2 EINFLÜSSE AUF DIE PROBENQUALITÄT, FEHLERQUELLEN	45
10.3 PLANUNG UND PRAKTISCHE MÖGLICHKEITEN DER QUALITÄTSSICHERUNG	48
11. LITERATURVERZEICHNIS	53
TABELLENVERZEICHNIS.....	55
INDEXVERZEICHNIS.....	56

1. Einleitung

1.1 Zielsetzung und Problematik

Die Gewinnung und chemisch-physikalische Untersuchung von Boden- und Abfallproben (Feststoffproben) im Rahmen der Altlastenbearbeitung soll anthropogen verursachte Bodenkontaminationen in ihren Ausmaßen erfassen und deren Beurteilung ermöglichen.

In der Regel werden als Voraussetzung zur Bewertung einer Altlast Informationen zu folgenden Punkten erwartet:

- Untergrundaufbau und Beschaffenheit der einzelnen Schichten
- Daten zur Schadstoffbelastung, Einschätzung der räumlichen Verteilung der Schadstoffe und möglicher Verlagerungen (Mobilität)
- Aussagen zur Tiefe, Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit und Dargebot des Grundwassers

Die Untersuchung von Feststoffproben soll über die Art der Kontaminationen, deren Konzentrationen, Verteilungen und Mobilität in den einzelnen Bereichen Auskunft geben.

Der Aussagewert einer Altlastenuntersuchung wird durch die Probennahme und Probenbehandlung maßgeblich mitbestimmt. Fehler bei der Probennahme können ein Analyseergebnis und die daraus abgeleiteten Schlußfolgerungen schwerwiegend beeinflussen.

Eine qualifizierte, sachgerechte Entnahme und Beschreibung der Proben ist die grundlegende Voraussetzung für die Aussagekraft, Repräsentativität und Interpretierbarkeit von Analyseergebnissen.

Ein generelles Problem bei der Untersuchung von Boden- und Abfallproben stellt die Inhomogenität des Untergrundes und der Schadstoffverteilung dar. So ist in den meisten Fällen die erwünschte Repräsentativität des Ergebnisses für den beprobten Bereich nicht erreichbar, das heißt, daß ein zu analysierender Stoff hinsichtlich Konzentration, Bindungsform und Mobilisierbarkeit in der Probe nicht genauso vorliegt wie in dem zu betrachtenden Teilbereich. In jedem Fall ist anzustreben, daß eine Probe soweit wie möglich repräsentativ für einen definierten Teilbereich ist, keine Fremdkontaminationen enthält und möglichst ohne Verluste analysiert werden kann. Dies ist in beweglichen Medien wie Grundwasser oder Bodenluft eher zu erreichen als im Boden oder in Abfällen, da hier die Stoffe durch die fehlende laterale Mobilität keine Ausbreitungszone mit gleichmäßiger Konzentrationsverteilung (Schadstofffahne) bilden. Unterschiedliche Bodenarten unterscheiden sich hinsichtlich der Verteilung von und Wechselwirkung mit Schadstoffen erheblich. Die erreichbare Repräsentativität einer Probe variiert also je nach Schadstoff und Medium.

1.2 Allgemeine Vorgaben

Es ist unbedingt notwendig, daß die Probennahme durch geschultes **Fachpersonal** geplant und ausgeführt wird, welches mit der speziellen Fragestellung des Einzelfalles vertraut ist, Sachkunde aus den Bereichen Chemie, Geologie und Bodenkunde besitzt sowie mit den verschiedenen Verfahren zur Schaffung von Erdaufschlüssen und den geeigneten Techniken zur Probengewinnung vertraut ist. Häufig wird dabei die Durchführung der Planung (Einsatzleitung) und die eigentliche Probenentnahme vor Ort von unterschiedlichen Personen durchgeführt.

Grundsätzlich gehören zu jeder **Probennahme**:

- **Planung** der Strategie und der Methoden auf der Grundlage von Vorinformationen und der jeweiligen Fragestellung
- **Erschließung** des Probengutes (Bohrung)
- **Entnahme** des Probengutes
- **Behandlung** des Probengutes (Abfüllung, Konservierung, Transport, Lagerung)
- **Informationsaustausch** mit dem Labor (Probenauswahl und -vorbereitung)

Der Begriff Probennahme umfaßt demnach eine Reihe von Einzelschritten, von denen die eigentliche Entnahme des Probenmaterials vor Ort nur einer ist.

Für die Qualität der auf der Grundlage der entnommenen Proben beruhenden analytischen Aussage sind alle diese Einzelschritte wichtig. Ziel der Qualitätssicherung ist das Erreichen richtiger und reproduzierbarer Untersuchungsergebnisse.

Zu den wesentlichen Kriterien der **Qualitätssicherung** gehören:

- Hohe Probenrepräsentativität durch sorgfältige Planung der Probennahmestrategie und richtige Auswahl der Probennahmestellen.
- Auswahl der geeigneten Probennahmetechnik
- Vermeidung von Kontaminationen und Veränderungen der Proben bei der Entnahme, dem Transport, der Lagerung und Probenvorbereitung
- Lückenlose Dokumentation aller Arbeitsschritte von der Planung der Probennahme bis zur Anlieferung ins Labor.

2. Probennahmestrategie

2.1 Anordnung und Anzahl der Probennahmepunkte

Am Anfang der Vorbereitungen zur Probennahme steht die Entscheidung über die Probennahmestrategie. Feststoffe wie Boden und Abfall sind, im Gegensatz zu Gasen und Wasser, heterogene Gemische unterschiedlichster Komponenten. Die Probleme der Gewinnung einer für einen Teilbereich charakteristischen Probe sind damit ungleich größer und komplexer.

Einheitliche Vorgaben zur Probennahmestrategie bei der Gewinnung von Feststoffproben gibt es bisher noch nicht. Daher wird hier versucht, einen Überblick über die in den verschiedenen Bundesländern gebräuchlichen Vorgehensweisen zu geben.

Die beste Voraussetzung für eine sinnvolle und aussagekräftige Beprobung ist immer eine gute Historische Erkundung. Je detaillierter die Informationen zur Vorgeschichte der altlastverdächtigen Fläche sind, um so effektiver und kostengünstiger läßt sich die Untersuchung planen.

Die **Anordnung der Probennahmestellen** sollte unter Berücksichtigung folgender Gesichtspunkte erfolgen:

- Spezieller Zweck der Untersuchung (z.B. Orientierende Erkundung, Nähere Erkundung, Sanierungsplanung, Erfolgskontrolle)
- Matrixunterschiede (Abfallart, Bodenart, Schichtung, Grundwassersättigung)
- frühere, bestehende und ggf. angestrebte Nutzung der Fläche
- einzelfallbezogene Gegebenheiten (aus den bisherigen Erkenntnissen, z.B. Bebauung, Ver- und Entsorgungsleitungen)

Beim Festlegen der Aufschluß- und Probennahmepunkte ist zwischen einer regelmäßigen, **rasterförmigen** und einer unregelmäßigen, **zufälligen** Anordnung zu unterscheiden. Als Grundlage beider Verfahren sollte unbedingt eine Auswertung der Historischen Erkundung sowie eine Begehung des Untersuchungsgebietes dienen, da genaue Ortskenntnisse eine Voraussetzung für eine sinnvolle Festlegung der Aufschlußpunkte sind.

Zusätzlich ist vor Beginn der Arbeiten abzuklären, ob sich im Untergrund Anlagen wie **Stromkabel, Telefonleitungen, Wasser-, Abwasser- oder Gasrohre** befinden. Hierfür sind bei den zuständigen Stellen (Stadtwerke, Fernmeldeamt, Baubehörde o.a.) die entsprechenden Unterlagen zu besorgen, um schon durch die sorgfältige Planung der Aufschlußstellen eine Beschädigung von unterirdischen Leitungen zu verhindern. Außerdem ist sicherzustellen, daß die Untersuchungsfläche frei von **Kampfmitteln** ist (Kampfmittelbeseitigungsdienst).

Liegen für eine altlastverdächtige Fläche keine konkreten Hinweise auf potentielle Schadstoffherde vor (dies gilt i.d.R. für Altablagerungen), so ist es sinnvoll, ein **Aufschlußraster** über die gesamte Untersuchungsfläche zu legen. Ein stufenweises Verdichten des Rasters ist im Rahmen der näheren Erkundung zu empfehlen.

Liegen bei altlastverdächtigen Flächen **Schadstoffherde an bekannten Stellen** vor (i.d.R. bei Altstandorten), sollte man die ersten Proben im Bereich der vermuteten Kontaminationsherde

entnehmen. Alle Beobachtungen während der Aufschlußarbeiten und der Probenentnahme sind wichtig, damit noch vor Ort die Strategie angepaßt werden kann.

Die tatsächlichen Probennahmepunkte müssen im Gelände **eingemessen** (auf Dezimeter genau) und in den Lageplan eingetragen werden.

Bei Boden- und Abfallproben ist zwischen **Misch- und Einzelproben** zu unterscheiden. Mischproben werden in der Regel im Zuge der Überwachung von Aushub- und Sanierungsmaßnahmen, sowie zur Beurteilung von Kulturböden hergestellt (s.a. Kap. 5.4 und Kap. 7); gelegentlich werden auch im Rahmen der Erkundung Mischproben analysiert.

Grundsätzlich ist zu beachten, daß jedes schematisierte oder nicht schematisierte Aufschlußnetz nur stichprobenartige Kenntnisse über den Aufbau des Untergrundes und über potentielle Kontaminationen liefern kann. Dabei werden mögliche Kontaminationen zwischen den Aufschlußpunkten nicht festgestellt.

Zur Bodenprobennahme für Untersuchungen im Sinne des Bodenschutzgesetzes siehe Kap. 7 (VwV Bodenschutz)

2.2 Horizontale Anordnung

Die vorhandenen Empfehlungen zielen bei unbekannter Schadstoffverteilung überwiegend auf eine **quadratisch rasterförmige Anordnung** der Probennahmepunkte. Bei umfassender Vorinformation können die Raster gezielt geplant werden und müssen nicht in jedem Fall über die gesamte Untersuchungsfläche gleich verteilt sein. Es ist durchaus sinnvoll, eine Konzentration der Meßraster auf verdächtige Bereiche vorzunehmen.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall /17/ empfiehlt die Anlage eines Rasters mit einem Aufschlußabstand von 50 bis 100 m und schlägt vor, bei Flächen, die kleiner als 1 ha sind, wenigstens 4 Aufschlüsse zu schaffen. In dem Merkblatt ALEX 03 des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz /18/ wird allgemein eine Rasterweite von 30 m bis 50 m vorgeschlagen, bei Flächen > 100 ha eine Aufweitung bis zu 100 m. Für sensible Nutzungsbereiche wie z.B. Kinderspielplätze, Bolzplätze, Klein- und Hausgärten, Trinkwasserschutzgebiete soll eine Probe pro 200 m² entnommen werden. Bei sonstigen Flächen eine Probe pro 1000 m² bis 5000 m².

Bei der orientierenden Erkundung wird ein Abstand der Entnahmepunkte von 25% bis 30% der Kantenlänge des zu untersuchenden Areals, jedoch max. 100 m als ausreichend erachtet. Allerdings sind auch für kleine Flächen immer mindestens vier Probennahmestellen notwendig.

Ein **polares Raster** eignet sich insbesondere zur genauen Abgrenzung von bekannten kleinflächigen Kontaminationsherden. Nach DIN ISO 10381-1 werden dabei die Proben entlang von Profillinien, die radialstrahlig auf konzentrischen Kreisen um das Kontaminationszentrum angeordnet sind, entnommen. Die Entnahmepunkte werden an den Schnittpunkten der Kreise mit den acht Haupthimmelsrichtungen festgelegt. Bestehen hinsichtlich der genauen Lage der Kontaminationsherde jedoch noch Unsicherheiten, so sollte diese Methode mit einem regelmäßigen Raster verknüpft werden.

Lage und Anzahl der Probennahmestellen für die nähere Erkundung sind in Abhängigkeit von den Ergebnissen aus der orientierenden Erkundung und dem jeweiligen Untersuchungsziel festzulegen. Zweckmäßigerweise wird man dort, wo man Problembereiche erkannt hat, das **Raster verdichten** bzw. ergänzen.

In die Entscheidung, welche Rastergröße im konkreten Fall zu wählen ist, müssen die erwartete Größe einer Kontaminationsfläche und die maximal akzeptierbare Wahrscheinlichkeit, eine Fläche dieser Größe nicht zu entdecken, einfließen. Die Frage, welche Wahrscheinlichkeit, eine Fläche nicht zu entdecken, noch akzeptiert werden kann, hängt vom möglichen Gefahrenpotential der Altlast ab. Das Gefahrenpotential kann unter Berücksichtigung der Toxizität der vermuteten Schadstoffe und deren möglicher Verlagerung abgeschätzt werden.

2.3 Beprobungsintervalle und -tiefen

Die bisher existierenden Anleitungen /13/, /18/ empfehlen zur Sicherung der Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse **bei jedem Wechsel** der Schichten, bei organoleptischen Auffälligkeiten, Wechsel in Zusammensetzung, Zustand oder Farbe des Bodens oder Abfalls eine Probe zu nehmen. Bei gleichmäßigem Untergundaufbau sollte **mindestens eine Probe pro Bohrmeter** genommen werden. Im allgemeinen sollte man die Bohrkerns möglichst dicht beproben, da die zusätzlichen Probennahmekosten im Vergleich zu den Bohrkosten kaum ins Gewicht fallen, während ein Nachbeprobieren ein erheblicher Kostenfaktor werden kann.

Grundsätzlich sollte die Beprobungstiefe bis 1 m in den unauffälligen Untergrund reichen. Ansonsten ist die Beprobungstiefe abhängig vom Aufnahme- bzw. Wirkungspfad der Schadstoffe. (siehe Tabelle 2.1)

Tabelle 2.1: Beprobungstiefen für unterschiedliche Wirkungspfade

Wirkungspfad	Beprobungstiefe
Boden-Luft (Verwehungen)	0 - 10 cm
Boden - Oberflächenwasser (Abschwemmung)	0 - 10 cm
Boden - Mensch (orale Aufnahme)	0 - 2 cm und 0- 10 cm (ohne Vegetation) 0 - 5 cm und 5 - 10 cm (mit Vegetation) (bei Verdacht zusätzlich 10 - 30 cm)
Boden - Pflanze	0 - unter Hauptwurzelzone (i.d.R. 0 - 10 cm oder 0 - 30 cm)
Boden - Grundwasser	0 - unterhalb des belasteten Bereichs

Eine weitere Differenzierung innerhalb dieser Beprobungsintervalle ist abhängig vom jeweiligen Schichten-/Horizontaufbau

Siehe hierzu auch die „**Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probennahme und -aufbereitung**“ (VwV Bodenproben) (Kap. 7) und „Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten“ des Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen: /24/

3. Arbeitsschutz

Bei allen Arbeiten auf altlastverdächtigen Flächen sind die Belange des Arbeitsschutzes, insbesondere die des persönlichen Schutzes des Probennehmers zu beachten. Ausführliche Beschreibungen zur Anwendung von Arbeitsschutzmaßnahmen sind den „**Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen.**“, ZH 1/183, (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuß Tiefbau) und den **Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 14: „Arbeitsschutz bei der Erkundung von Altablagerungen“** (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) /22/ zu entnehmen.

Die Probennahmen sollten aus Gründen der Arbeitssicherheit von einem Team aus mindestens zwei Personen durchgeführt werden. Eine besondere Gefahr stellt der mögliche direkte Kontakt mit festen, flüssigen oder gasförmigen Schadstoffen dar. **Vor der Probennahme** ist festzulegen, welche persönlichen Schutzausrüstungen mitzuführen sind. Der Einsatzleiter ist für eine entsprechende Sicherheitsunterweisung seiner Mitarbeiter verantwortlich.

Im allgemeinen ist ein **Mindestschutz** gegeben, wenn folgendes berücksichtigt wird:

- **Kopfschutz:** Können Kopfverletzungen nicht ausgeschlossen werden, sind Schutzhelme nach DIN 4840 zu tragen.
- **Augenschutz:** Besteht die Gefahr einer Augenverletzung, z.B. durch Feinstäube oder spritzende Flüssigkeiten sind Schutzbrillen oder Schutzschirme nach DIN 58211 zu verwenden. Zusätzlich ist eine Augendusche vorzuhalten.
- **Haut- und Körperschutz:** Zur Vermeidung von Hautkontakten mit kontaminiertem Material ist in der Regel mindestens die Benutzung von Bausicherheitsgummistiefeln, Einweg-Chemikalien-Schutzanzügen und Schutzhandschuhen vorzusehen. Vorzuhalten ist ferner: Wasser, Reinigungsmittel, Papierhandtücher, Hautschutzcreme, Erste-Hilfe-Material
- **Atemschutz:** 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 Schwefelwasserstoffkonzentrationen messen kann. Zusätzlich ist von Zeit zu Zeit die Luftqualität mit Prüfröhrchen zu überwachen (CKW, Aromaten). Bei Gefahr durch organische Spurengase sind zur Atemluftüberwachung Messungen mit geeigneten Geräten erforderlich, beispielsweise mit dem PID. Damit kann die Summe einer Vielzahl organischer Spurenstoffe angezeigt werden. Bei Schürfen und Großbohrungen ist in der Regel wegen Staubeentwicklung ein Atemschutz notwendig.

Die Einsatzleitung hat für den jeweiligen Einzelfall die anzuwendenden Arbeitsschutzmaßnahmen zu überprüfen und ein **Arbeitsschutzkonzept** zu erstellen /22/.

4. Probengewinnung / Aufschlußverfahren

4.1 Allgemeines

Bei der Untersuchung von festen Proben im Rahmen der Altlastenerkundung müssen mitunter sehr verschiedenartige Meßgrößen bestimmt werden, beispielsweise:

- Gehalt an leichtflüchtigen Stoffen
- Gehalt an schwerflüchtigen Stoffen
- Eluierbarkeit von Schadstoffen
- Zusammensetzung des Korngerüstes
- Wassergehalt
- Wasserdurchlässigkeit
- Dichte
- Struktur
- Korngrößenverteilung

Für diese verschiedenen Meßgrößen sind jeweils verschiedene Anforderungen an die „Unge­störtheit“ (Güte) der Probe zu stellen. Beispielsweise ist es bei der Bestimmung des Schadstoffgehaltes oder der Kornverteilung unerheblich, ob die Probe bei der Entnahme in ihrer Struktur gestört wurde. Bei der Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit oder der Dichte darf dagegen die Bodenstruktur nicht gestört sein. Die Anforderungen an die Güte der Probe müssen sich deshalb nach Art und Umfang des jeweils an der Probe vorgesehenen Untersuchungsprogramms richten.

Auch hinsichtlich der Genauigkeit der lagemäßigen Zuordenbarkeit einer Probe sind je nach Untersuchungsziel unterschiedliche Anforderungen zu stellen. Manchmal muß eine Probe sehr genau einer bestimmten Schicht im Untergrund zuzuordnen sein, manchmal genügt aber auch nur eine grobe (metergenaue) Zuordnung.

Eine Bodenprobe ist ungestört, wenn die in der Probe zu bestimmenden chemisch-physikalischen und bodenphysikalischen Meßgrößen durch die Probennahme, den Transport und die Behandlung im Labor nicht meßbar verändert wurden.

Die Aufschluß- und Probennahmeverfahren sind so zu wählen, daß die lagemäßige Zuordenbarkeit der Probennahmestelle zum jeweiligen Kontaminationsbereich oder einzelnen Schichten in der Genauigkeit und Zuverlässigkeit möglich ist, wie es aufgrund des jeweiligen Untersuchungsziels erforderlich ist.

Die Wahl des Aufschlußverfahrens ist in erster Linie abhängig von der Art des zu untersuchenden Materials (Boden oder Abfall) und den geologischen Gegebenheiten. Außerdem sind die Art und Verteilung der Schadstoffe sowie die Anforderungen an die Güte und die Menge des Probenmaterials ausschlaggebend. Für die Definition der Probenqualität läßt sich die DIN 4021 heranziehen (s.a. Tab. 4.1 und 4.3), die auch einen **Überblick über die gängigen Bohr-**

verfahren gibt. Detailliertere Angaben zur Anwendung der unterschiedlichen Bohrverfahren finden sich in der DIN 10381, Teil 2.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf Aufschlüsse im Lockergestein.

Es sind unbedingt zu vermeiden:

- Bohrspülungen
- Erwärmung des Materials (bei leichtflüchtigen Schadstoffen)
- Auswaschungen von Feinkornanteilen

Es ist darauf zu achten, daß der Bohrdurchmesser mindestens das Drei- bis Fünffache des Größtkorndurchmessers betragen muß (s.Tab. 4.2).

Besonders wichtig ist die abschließende Verfüllung und der Verschluß des Bohrloches (z.B. mit einer Zement-Bentonit-Suspension), um Verschleppungen oder Folgekontaminationen zu verhindern.

Tabelle 4.1: Güteklassen für Bodenproben nach DIN 4021 (hinsichtlich bodenphysikalischer Beurteilung) und mögliche Aufschlußverfahren

Güteklasse	Bodenproben unverändert in	Mögliche Aufschlußverfahren
1	Korngefüge, Schichtenfolge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Dichte des feuchten Bodens, Wasserdurchlässigkeit, Steifemodul, Scherfestigkeit	Schurf, Schlauchkernbohrung, Rammkernbohrung, Stechzylinder
2	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Dichte des feuchten Bodens, Wasserdurchlässigkeit	Schurf, Schlauchkernbohrung, Rammkernbohrung, Kleinrammbohrung
3	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung, Wassergehalt	Schurf, Schlauchkernbohrung, Rammkernbohrung, Kleinrammbohrung, Schneckenbohrung, Rotationskernbohrung, Greiferbohrung (über GW)
4	Schichtenfolge, Kornzusammensetzung	Schurf, Schlauchkernbohrung, Rammkernbohrung, Kleinrammbohrung, Schneckenbohrung, Rotationskernbohrung, Greiferbohrung
5	Schichtenfolge (unvollständige Bodenprobe)	Schurf, Schlauchkernbohrung, Rammkernbohrung, Kleinrammbohrung, Schneckenbohrung, Rotationskernbohrung, Greiferbohrung, Handbohrung

Tabelle 4.2: Erforderliche Bohrgeräte-Durchmesser in Abhängigkeit vom Größtkorn nach DIN 4021 und erforderliche Probenlänge je kg Probe (nach ITVA-Arbeitshilfe /14/)

Außendurchmesser in mm	Innendurchmesser in mm	Größtkorn in mm	Probenlänge in mm je kg Probe (ca.)
200	180	60	50
100	90	30	100
80	70	14	130
60	50	10	260
50	40	8	400
40	32,5	6,5	600
35	25	5	1000

4.2. Kleinbohrungen

Die DIN 4021 definiert eine **Kleinbohrung** (früher Sondierung) als einen Aufschluß im Boden, der mit einem Durchmesser von 30 bis 80 mm durchgeführt wird. Bohrungen mit kleinerem Durchmesser werden dort als Kleinbohrungen bezeichnet.

4.2.1 Handbohrungen

Handbohrungen stellen ein einfaches, schnelles und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von oberflächennahen Aufschlüssen und zur Gewinnung gestörter Bodenproben dar. Allerdings sind diese Methoden teilweise wegen der eingeschränkten Aussagekraft, z.B. in Hinblick auf die Schichtenfolge, in ihrer Anwendung begrenzt (max. Güteklasse 5) /2/, /10/. Außerdem erfordern sie aufgrund der geringen Durchmesser (30 mm bis 80 mm) besondere Sorgfalt bei der Entnahme und der Reinigung der Bohrgeräte, sowie eine Berücksichtigung der Einschränkungen bezüglich Probenmenge und Größtkorn (s. Tab. 4.2).

Man unterscheidet die **Handdrehbohrung** und die **Handsondierung**.

Bei der **Handdrehbohrung** wird ein Entnahmerohr (vielfach Schappe genannt), eine Schnecke oder Spirale mit einem Durchmesser von 60 bis 80 mm per Hand in den Boden gedreht und anschließend herausgezogen. Mit Verlängerungsstangen können Tiefen von max. 2 bis 3 m erreicht werden (je nach Untergrund).

Zu den Handdrehbohrgeräten gehören:

- Flügelbohrer
- Bohrschappe
- Edelmann-Bohrer
- Riverside-Bohrer
- Löffelbohrer

Diese Geräte eignen sich überwiegend für den Einsatz in nicht verdichteten, bindigen und sandigen Böden oberhalb der Grundwasseroberfläche bis in Tiefen von 20 bis 30 cm.

Bei der **Handsondierung** werden die Bohrer ohne oder mit leichter Drehung in den Untergrund gedrückt oder gerammt. Das im Bohrstock oder in der Sonde enthaltene Bodenprofil ist weitgehend ungestört. Durch den Rammvorgang kann jedoch die Bodensäule zusammengestaucht werden. Da das Bohrgut zur Probengewinnung mit Spatel oder Löffel aus Rille oder Rohr entfernt werden muß, erhält man nur gestörte Proben.

Handsondiergeräte sind:

- Rillenbohrer
- Sondierbohrer
- Bohrstock nach Pürckhauer

Handsondierungen finden Anwendung bei der Voruntersuchung der obersten Bodenschichten von Altlastverdachtsflächen zur orientierenden Abschätzung der Belastungssituation oder Abgrenzung der Schadensfläche. Zur Gewinnung repräsentativer Mischproben aus geringen Bohrtiefen bis 1m, seltener 2m, wird bevorzugt der Bohrstock nach Pürckhauer (Außen-Ø ca. 20-30 mm) angewandt, der mit Hilfe eines Hammers von Hand eingeschlagen wird. Er ist vor Ort wegen seiner guten Handhabbarkeit gut und schnell einzusetzen, aber in seiner Probenmenge begrenzt.

Vorteile:

- schnell und kostengünstig

Nachteile:

- nur bis ca. 2m einsetzbar.
- nur ungenaue Profilansprachen.
- nur geringe Probenmengen.
- gestörte Bodenproben, daher für flüchtige Schadstoffe weniger geeignet

4.2.2 Kleinrammbohrungen

Bei diesem Verfahren wird ein Entnahmerohr mit einem Durchmesser von 22 bis 100 mm mittels eines tragbaren Bohrhammers in den Untergrund gerammt und danach mittels einer manuellen oder hydraulischen Vorrichtung gezogen. Die **Kleinrammbohrung mit Kernrohr** (Rammkernbohrung) ist vor allem aus Kostengründen die am häufigsten eingesetzte Aufschlußmethode bei der Altlastenerkundung. Sind neben der Bodenansprache Probennahmen zur chemischen Analytik oder bodenmechanische Laborversuche vorgesehen, dann sind Rammkernsonden mit einem Außendurchmesser von mindestens 50 mm einzusetzen.

Je nach Untergrund sind Tiefen von bis zu ca. 8 m erreichbar. Das Kernrohr sollte wegen der Stauchung des Bohrkerns nicht länger als 1 m sein.

Zur Gewinnung möglichst repräsentativer Untersuchungsergebnisse sowie einer möglichst detailgetreuen Aufnahme des Untergrundprofils ist in der Regel ein Außendurchmesser von

80 mm bei einem Innendurchmesser von 70 mm und einem Kernrohr von 1 m Länge zu empfehlen (Güteklasse 3 bis 2 in bindigen, 4 bis 3 in rolligen Böden), /2/, /5/, /14/.

Zum **Einrammen** der Entnahmerohre kann ein Elektrohammer, ein mittels Kraftstoff angetriebener Motorhammer, ein Preßlufthammer oder eine Kleinramme (mit Fallgewicht) verwendet werden. Erfahrungsgemäß ist bei Sondierungen mit Motorhammer ein Tropfverlust von Treibstoff oder Motorenöl zu befürchten, so daß es zur Verunreinigung des Bodens kommen kann und daher fehlerhafte Interpretationen der Analysenergebnisse nicht ausgeschlossen werden können. Da die beim Einsatz eines Motorhammers entstehenden Verbrennungsgase eine altlastbezogene Emissionsüberwachung mit dem PID erschweren oder unmöglich machen, wird vorzugsweise die Verwendung eines Elektrohammers oder Preßlufthammers empfohlen.

Die durch Randeffekte gestörten, mit dem Kernrohr oder dem Bohrlochrand in Kontakt gekommenen Ränder des Bohrkerns, wie auch der häufig durch Nachfall verfälschte obere Teil des Bohrkerns, müssen bei der Probennahme verworfen werden. Weiterhin treten in nichtbindigen Böden vor allem unterhalb des Grundwasserspiegels häufig erhebliche Kernverluste auf, was die Einsetzbarkeit des Aufschlußverfahrens einschränkt.

Die Rammbohrung mit Schlitzgestänge (\varnothing 22 mm bis 28 mm) hat sich bei der Altlastenerkundung nicht bewährt, da die Verfälschungen des Profils und die Verschleppungen von Kontaminationen wegen Stauchung des Materials und die zu geringe Probenmenge nicht akzeptabel sind.

Vorteile:

- Rammkernsondierungen sind schnell und kostengünstig durchzuführen.
- Sie sind auch an schwer zugänglichen Punkten, z.B. an Böschungen, in Kellern oder Werkshallen mit vertretbarem Aufwand zu realisieren.
- Sie liefern weitgehend ungestörte Proben und ermöglichen in vielen Fällen eine geologische Ansprache.
- Sie liefern in der Regel eine ausreichende Probenmenge.

Nachteile:

- In rolligen Böden treten vor allem in der gesättigten Zone Kernverluste auf.
- Der oberste Teil des Bohrkernes ist oft durch Nachfall verfälscht.
- Auch bei größeren Durchmessern können noch deutliche Stauchungen im Kern auftreten.
- Die offenen Kernrohre ermöglichen einen Verlust flüchtiger Komponenten.

4.3 Großbohrungen

Um das zur Untersuchung anstehende Bohrgut nicht durch Spülzusätze chemisch zu verunreinigen oder durch Spülungen mit Wasser zu verändern (Verdünnungseffekt), sind Bohrungen bei altlastverdächtigen Flächen grundsätzlich als **Trockenbohrung** anzulegen. Generell kann man zwischen Bohrverfahren mit und ohne Kerngewinn unterscheiden.

4.3.1 Großbohrungen mit Kerngewinn

Großbohrungen mit Kerngewinn sind:

Rotations-Trockenkernbohrung

Bei der Rotations-Trockenkernbohrung erfolgt der Bohrvortrieb drehend mit einem Einfachkernrohr. Der Durchmesser liegt in der Regel bei 65 bis 300 mm. Je nach Bohrgerätetyp und geologischen Bedingungen können Tiefen bis zu 50 m erreicht werden. Das Verfahren eignet sich in erster Linie für bindige bis sandige Böden mit ausreichender Festigkeit. Zur Probenahme muß immer wieder das gesamte Gestänge ausgebaut und anschließend die neu erbohrte Kernstrecke nachverbohrt werden, um ein Zusammenfallen des Bohrloches zu verhindern. Der dabei entstehende Nachfall muß wiederum entfernt werden, was bei größeren Bohrtiefen sehr zeitaufwendig ist.

Bei der Bodenansprache und Auswertung der Analysenergebnisse ist zu beachten, daß bei der Rotation **Wärme** entsteht und der Kern zumindest im äußeren Bereich nicht mehr den natürlichen Wassergehalt aufweist und leichtflüchtige Substanzen aufgrund der Reibungshitze freigesetzt werden. Außerdem ist beim Abreißen des Kerns ein teilweiser Kernverlust möglich.

Rammrotations-Kernbohrung

Erfolgt die Bohrung (100 bis 200 mm Durchmesser) rammend und drehend mit einem Einfach- oder Doppelkernrohr, so spricht man von einer Rammrotations-Kernbohrung. Sie ist nur bei Tonen, Schluffen und Feinsanden einsetzbar.

Rammkernbohrung

Beim Rammkernbohren wird ein Kernrohr von 1 bis 2 m Länge mittels einer Schlagvorrichtung in den Untergrund eingetrieben. Dies kann entweder über Schwerkraft im freien Fall an einem Stahlseil, über ein Gestänge oder mit Hilfe von Preßluft schlagend erfolgen. Das Bohrgut setzt sich im Kernrohr fest und wird nach dem Ziehen desselben durch Schläge gegen die Rohraußenseite mit einem Hammer und/oder hydraulisch/pneumatisch ausgetrieben. Rammkernbohrverfahren sind im Bereich des Lockergesteins weit verbreitet. Die Durchmesser liegen bei 80 mm bis 300 mm und erlauben eine detaillierte Aufnahme des Untergrundprofils sowie eine horizontierte Beprobung der Bodenschichten.

Die hohe Probengüte in bindigen Böden (Güteklasse 2 bis 1) geht in rolligen Böden vor allem unterhalb der Grundwasseroberfläche teilweise verloren (Güteklasse 3 bis 2), /2/, /5/, /14/. Dieser Nachteil kann allerdings durch eine Verrohrung des Bohrloches vermieden werden. Für

grobkörnige rollige Böden ist die Rammkernbohrung nicht geeignet. Es sind Tiefen bis über 50 m erreichbar, bei einem Kerndurchmesser von 100 mm bis zu 200 mm.

Vorteile:

- Das Verfahren liefert im feinkörnigen Lockergestein durchgehende Bohrkerne von meist guter Qualität.
- Im Bohrkern sind auch dünne Schichten noch erhalten.
- Die Tiefenlage der einzelnen Schichten ist relativ exakt zu ermitteln.
- Die Qualität des Bohrgutes bleibt in bindigen Böden und feinkörnigen Sanden auch unter der Grundwasseroberfläche erhalten.

Nachteile:

- Der Bohrfortschritt nimmt mit zunehmender Festigkeit oder Lagerungsdichte des Bodens stark ab, gleichzeitig wird das Bohrgut zunehmend erwärmt.
- Beim Auspressen des Bohrgutes aus der Schappe kommt es bei rolligen Böden zu Vermischungseffekten (außer bei aufklappbaren Schappen).
- Für grobkörnige rollige Böden ist die Rammkernbohrung nicht geeignet.

Eine Variante des oben beschriebenen Rammkernbohrens ist das **Schlauchkernbohren**, ein Bohren mit innenliegender Probehülse, die meist aus Kunststoff besteht (Schlauch oder Liner) und sich beim Einrammen des Kernrohres mit Bodenmaterial füllt. Kennzeichnend für das Schlauchkernbohren ist, daß das Bohrgut schon beim Bohren in einen Folienschlauch oder eine Kunststoffhülse gedrückt wird. Dadurch können Kontaminationen im Randbereich des Kerns, Sauerstoffzutritt und Verluste von leichtflüchtigen Stoffen weitgehend vermieden werden.

Das Verfahren erlaubt außerdem die Entnahme von fließenden Böden oder Gewässersedimenten und eignet sich gut zur Probennahme im gesättigten Bereich. Die Qualität der Proben ist sehr gut (Güteklasse 2 bis 1), /2/, /5/, /14/.

Vorteile:

- Kernbohrungen mit **Schlauch oder Liner** liefern die am wenigsten gestörten Bodenproben aller gängigen Bohrverfahren, insbesondere beim Einsatz geschlossener Probennahmesysteme (Kolbenentnahmegesetz, Orkus-Sonde)
- Es ist eine exakte Profilaufnahme und Tiefenzuordnung auch dünner Schichten sowie eine differenzierte Probenentnahme aus bestimmten Horizonten möglich.
- Die Kontaminationen im Randbereich des Kernes werden vermieden.
- Die Bohrkerne sind - besonders beim Einsatz von Linern - ohne Veränderungen begrenzt lagerbar.
- Es ist eine Beprobung ohne Sauerstoffzutritt z.B. für Schwermetallspezifikationen durchführbar, Liner können im Bedarfsfall unter Schutzgas geöffnet werden.
- Die Verluste an flüchtigen Stoffen sind bei diesem Verfahren im Vergleich am geringsten.
- Geschlossenen Systeme erlauben eine Beprobung unterhalb von Stau- oder Sickerwasserhorizonten ohne Verunreinigung der Proben.

Nachteile:

- Das Verfahren ist teuer.
- Der notwendige gekühlte Transport von Kernen, die erst im Labor geöffnet werden, ist aufwendig.
- Es entsteht zusätzlicher Aufwand durch das Öffnen der Kunststoffschläuche oder -liner, diese müssen entsorgt werden.
- Auch beim Öffnen der Hülse im Labor besteht die Gefahr des Verlustes an leichtflüchtigen Stoffen.
- Bereits kleinere Störkörper, z.B. im Müll oder Grobmaterial, können den Schlauch beschädigen oder seine Füllung verhindern.

Hohlbohrschneckenbohrung

Die Hohlbohrschnecke (Durchmesser von 80 bis 300 mm) besteht aus einem Rohr, das an seiner Außenseite ein Schneckengewinde besitzt. In das Rohr kann ein weiteres Kernrohr eingeführt werden. Bei drehender Niederbringung der Bohrung wird ein Bohrkern aus dem Untergrund gestanzt. Das innenliegende Kernrohr nimmt die Probe auf und wird gezogen. Das Schneckengestänge wird anschließend verlängert. Die Hohlbohrschnecke verbleibt somit bis zum Erreichen der Endteufe im Bohrloch und das Gestänge muß nicht ständig ein- und ausgebaut werden. Die Bohrtiefen reichen bis 30 m.

Es muß bei den Hohlbohrschnecken bedacht werden, daß durch die entstehenden Reibungskräfte zwischen Bohrlochwand und Trockenrohr- bzw. Hohlbohrschneckenaußenwand mechanische **Wärme** entsteht, die bei der Untersuchung leichtflüchtiger Schadstoffe zu verfälschten Meßergebnissen führen können.

Diese Bohrtechnik ist in erster Linie für nicht zu feste Tone, Schluffe, Sande und organische Böden geeignet, jedoch weniger für grobe Kiese, Steine und Blöcke. Daher kommt diese Technik im süddeutschen Raum weniger zur Anwendung.

Bei Bedarf kann das Bohrloch verrohrt oder die Bohrlochsohle mit einer Kiespumpe gereinigt werden.

Die Qualität der Proben in der gesättigten Zone ist gering (Güteklasse 5), oberhalb des Grundwasserspiegels wird die Güteklasse 4 bis 3 erreicht /14/. Zur Probennahme sollten nur die weitgehend unbeeinflussten inneren Bereiche des Kernrohres entnommen werden.

Vorteile:

- Schneckenbohrungen sind im Routineinsatz schnell und relativ preisgünstig.
- Sie erlauben mit geringem Aufwand große Aufschlußdurchmesser zu erreichen, in denen auch großkalibrige Grundwassermeßstellen oder Brunnen installiert werden können.
- Bei sorgfältiger Ausführung (langsames Eindrehen entsprechend der Ganghöhe) sind in bindigen bis sandigen Böden Materialwechsel und Schichtgrenzen mit etwa dm-Genauigkeit festzulegen
- Es sind große Probenmengen gewinnbar.

Nachteile:

- Ein DIN-gerechter Einsatz der Schneckenbohrtechnik mit maximalen Spiralenlängen von 0,5 m nimmt dem Verfahren einen Teil seiner Schnelligkeit.
- Die Verfahren sind im Grundwasserbereich nicht für rollige Bodenarten geeignet, es treten Auswaschungs- und Entmischungseffekte auf.
- In schwer bohrbaren Böden wird das Bohrgut deutlich erwärmt.
- Es muß sehr sorgfältig gearbeitet werden, um Durchmischung von Probengut zu vermeiden; das erhöht den Überwachungsaufwand und neutralisiert den Kostenvorteil gegenüber anderen Verfahren.
- Bei großen Durchmessern können Mehrkosten für Arbeitsschutz und Entsorgung entstehen.

4.3.2 Großbohrungen ohne Kerngewinn

Diese Aufschlußverfahren werden hauptsächlich beim Grundwassermeßstellenbau oder zum Durchbohren von Hindernissen eingesetzt und werden bei der Probennahme zur Altlastenerkundung in der Regel nicht angewandt.

Rotationsbohrungen

Zu den Rotations- oder Drehbohrungen gehört das Bohren mit einer Schnecke, mit einer Spirale oder mit der Schappe zum Abschälen des Bohrgutes. Das Bohrwerkzeug ist an einem Gestänge (Drehrohr) befestigt und wird nach jeder „Füllung“ gezogen. Die Werkzeuglänge entspricht einer Kernmarschlänge mit Durchmessern von 100 mm bis 2000 mm. Die Probenqualität ist gering, da das Bohrgut stark durchmischt wird.

Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung)

Bohrwerkzeuge für das Schlagbohren sind Ventilbohrer (Kiespumpe), Schlagschappe, Kreuzmeißel oder Backenmeißel. Die Kiespumpe kann nur im gesättigten Bereich eingesetzt werden. Die Schlagschappe ist zur Gewinnung von bindigen Bodenproben geeignet. Meißelbohrungen dienen hauptsächlich zum Entfernen von Bohrhindernissen. Das Bohrwerkzeug hängt im verrohrten Bohrloch an einem Stahlseil. Die schlagende Auf- und Abbewegung wird mit Hilfe eines Exzenters am Bohrturm erzeugt. Der Bohrdurchmesser beträgt je nach Bohrwerkzeug 100 bis 1000 mm.

Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)

Beim Hammerbohren (hammer drill) wird das Druckspülbohrgerät mit einem sogenannten Bohrhammer am Bohrgestänge ausgerüstet. Dieser zertrümmert das Gestein mit großer Schlagzahl an der Bohrlochsohle, dabei wird der Hammer langsam mit dem Gestänge gedreht. Die Förderung des Bohrgutes übernimmt die Luftspülung über den Ringraum (Lufthebeverfahren). Der Bohrdurchmesser liegt bei 75 bis 500 mm.

Die Hammerbohrung wird im Festgestein eingesetzt und spielt für die Probennahme bei der Altlastenerkundung keine Rolle.

Greiferbohrung

Greiferbohrungen kommen vor allem in lockeren, rolligen Böden und bei großen Bohrdurchmessern ab 400 mm bis 1500 mm (max. 2500 mm) zum Einsatz. Es werden Seil- und Gestänggreifer eingesetzt. Das Bohrwerkzeug besteht aus einem runden Baggergreifer, der geöffnet in das meist verrohrte Bohrloch hinabgelassen wird. Trifft der Greifer auf der Bohrlochsohle auf, so wird ein Mechanismus ausgelöst, der die Greiferzähne beim Ziehen des Greifers schließt und so das Bohrgut festhält. Um einen Nachfall von lockerem Material zu verhindern, kann eine Hilfsverrohrung verwendet werden.

Die Güte der Proben über dem Grundwasserspiegel wird mit 3 bewertet. Unterhalb des Grundwasserspiegels wird beim Heben des Greifers häufig Feinkorn aus der Probe ausgewaschen (Güteklasse 5 bis 4 bzw. ungeeignet), /2/, /14/.

Die Beurteilung chemischer Untersuchungen von Proben aus Greiferbohrungen ist nur eingeschränkt möglich, da eine genaue Schichtenzuordnung nicht erfolgen kann.

Greiferbohrungen sollten nur eingesetzt werden, wenn sehr große Probenmengen erforderlich sind. Das Bohrgerät sollte schmiermittelfrei sein, wenn Proben zur chemischen Untersuchung entnommen werden.

Vorteile:

- Das Verfahren erlaubt große Bohrdurchmesser
- Es sind große Entnahmemengen möglich
- Es ist auch in grobkörnigem Material und Müll (Deponiekörper) noch einsetzbar

Nachteile:

- Die Profile sind sehr ungenau und stratigrafisch kaum nutzbar
- Das Probengut ist stark durchmischt
- Unter der Grundwasseroberfläche muß mit dem Auswaschen von Feinkorn gerechnet werden (falls keine Verrohrung vorhanden).
- Die u.U. geschmierten Gelenke des Greifers kommen mit dem Probengut in Kontakt.
- Im Deponiebereich hoher Aufwand für Arbeitsschutz und Entsorgung

4.4 Schürfe

Die Anlage von Schürfen ist in standfesten Böden oberhalb des Grundwasserspiegels eine weit verbreitete Aufschlußmethode, /2/, /5/, /14/. **Arbeitsschutzmaßnahmen**, einschlägige Sicherheitsvorschriften (z.B. DIN 4124, DIN 18303, Unfallverhütungsvorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaften) und die **Entsorgung** von kontaminiertem Material (vgl. Kap.8) sind hier von besonderer Bedeutung.

Unter dem Begriff **Schurf** versteht man offene Gruben, Gräben oder Schächte, die entweder mit einer Schaufel oder mit Hilfe eines Baggers gegraben werden. Von Hand sind Teufen bis ca. 2,5 m zu erzielen, mit dem Tieflöffel ausgestattete Bagger können 5 bis 6 m erreichen.

Der Schurf sollte, soweit möglich, begehbar sein. Bei senkrechter Böschung muß der begehbare Schurf bei steifen bis halbfesten feinkörnigen Böden ab 1,25 m Teufe und bei Fels ab 1,75 m verbaut werden /19/. Alternativ zu dieser Sicherungsmaßnahme können geeignete oder treppenartig ausgebildete Böschungen hergestellt werden. Der Neigungswinkel richtet sich nach der Bodenart, den vorhandenen Auflasten, möglichen Erschütterungen und Grundwasserverhältnissen. Ohne rechnerischen Einzelnachweis dürfen beispielsweise in nicht bindigen oder weichen bindigen Böden Böschungswinkel von 45° nicht überschritten werden /19/. Bei gespanntem Grundwasser ist die Standsicherheit des Schurfbodens durch plötzlichen Wasserzutritt gefährdet.

In einem begehbaren Schurf ist es möglich, das anstehende Bodenmaterial vor Ort nach Inhalt und Lagerung anzusprechen, Proben in beliebiger Menge zu nehmen und einzumessen. Schadstoffherde und Sickerwasseraustritte können erkannt und organoleptisch bewertet werden. Für eine **Begehung** des Schurfes ist unbedingt der Arbeitsschutz zu beachten (Schutzkleidung und evtl. Atemmasken, vgl. Kap. 3).

Kann eine Gefährdung im Schurf trotz Sicherheitsvorkehrungen nicht ausgeschlossen werden, so sollte auf eine Begehung verzichtet und die Bodenprobennahme bzw. Bodenansprache on-site, d.h. am Baggergut an der Erdoberfläche durchgeführt werden. Nicht begehbare Schürfe liefern jedoch nur ungenau horizontierte Proben und können daher lediglich für eine erste orientierende Erkundung herangezogen werden.

Durch den großen Kontaktbereich der Aufschlußwand zur Umgebungsluft werden Oxidationsprozesse begünstigt und flüchtige Komponenten können entweichen.

Vorteile:

- Das Verfahren ist schnell und kostengünstig, wenn der Schurf nicht begehbar sein muß.
- Es sind beliebige Probenmengen gewinnbar.
- In einem begehbaren Schurf können auch Beprobungen unter Erhaltung des Korngefüges und In-Situ-Versuche durchgeführt werden.
- Der Untergrundaufbau ist optimal erschlossen, neben der Schichtenfolge ist auch die Lagerung erkennbar.
- Kontaminationen und konkrete Eintragsstellen können optisch erkundet werden.
- Das Verfahren ist auch bei Vorhandensein von größeren Störkörpern anwendbar.

Nachteile:

- Ein nicht begehbarer Schurf, aus dem die Proben mit einem Bagger entnommen werden, liefert sehr ungenau horizontierte Proben (je nach Untergrund) und kann in den meisten Fällen lediglich für eine erste orientierende Erkundung eingesetzt werden.
- Der optimale Schurf sollte begehbar und standsicher sein; diese Ausführungen gemäß DIN 4124 erfordern deutlichen Mehraufwand.
- Die Maßnahmen zum Arbeitsschutz und die Entsorgung des Aushubs verursachen höhere Kosten.
- Die Maximaltiefe ist auf 4 bis 6 m begrenzt; außerdem kann nur bis zur Grundwasseroberfläche erkundet werden (außer bei sehr langsamem Grundwasserzutritt).

- Oxidations- und Entgasungseffekte sind stärker als in Bohrungen.

Tabelle 4.3: Übersicht über die Aufschlußverfahren zur Probengewinnung (nach ITVA-Arbeitshilfe „Aufschlußverfahren zur Probengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten“ /14/)

Verfahren	Durchmesser Kern (D in mm)	Durchmesser Größtkorn (D in mm)	Güteklasse	Vorteile	Nachteile	Fehlerquellen Chemie
Hand Bohrung	15 - 80	D/5	5 oder schlechter	sehr schnell, kostengünstig	nicht immer repräsentativ, bis max. 2 m	Ungenauigkeit im Profil, Randkontamination, Verluste flüchtiger Schadstoffe
Kleinrammbohrung	35 - 80	D/5	3/2 bindig 4/3 rollig	kostengünstig, schnell, auch in Kellern etc.	Kernverluste, Stauchungen, Nachfall, Ausgasungen	Ungenauigkeit im Profil, Randkontamination, Verluste flüchtiger Schadstoffe
Rammkernbohrung	80 - 300	D/3	2/1 bindig 3/2 rollig	gute Kerne, auch unter Grundwasser einsetzbar	Erwärmung in festen Böden, Vermischung beim Auspressen in nicht bindigen Böden	Verlust flüchtiger Schadstoffe, Verschleppung von Schadstoffen
Schneckenbohrung, Rotationskernbohrung	100 - 2000 65 - 200	D/3	4/3	kostengünstig, große Durchmesser, große Probenmengen	Störung der Proben, Entmischung rolliger Böden, ungenaue Profile, Erwärmung in festen Böden	Vermischung von Probenmaterial, Verlust von Feinkorn unter Grundwasser-oberfläche, Verlust flüchtiger Schadstoffe
Greiferbohrung	400 - 2500	D/2	3 über GW 5/4 unter GW	große Durchmesser, große Probenmengen, auch größtes Material	ungenauere Profile, Störung der Proben, Entmischung unter GW, Entsorgung	Vermischung von Probenmaterial, Verlust von Feinkorn unter Grundwasser-oberfläche
Schlauchkernbohrung	80 - 200	D/3	2/1	exakte Profile, kein Luft- und Wasserzutritt zum Probenmaterial, Schutz vor Entgasung	teuer, Aufwand beim Transport und Öffnen, anfällig gegen Störkörper	Wahl des Schlauchmaterials, zu sorgloser Umgang mit den Kernen
Schurf	beliebig	--	2/1	exakte Profile, Lagerung erkennbar, jede Probenmenge und -güte	erhöhter Aufwand wegen Arbeitsschutz, Verbau, Entsorgung, Platzbedarf	Luftzutritt, Ausgasungen

5. Ansprache und Probenentnahme

5.1 Ansprache

Um die spätere Interpretation von Analyseergebnissen zu ermöglichen, muß i.d.R. vor der Probenentnahme eine **Profilbeschreibung** unter Zuhilfenahme einer bodenkundlichen Kartieranleitung erfolgen (s.a. Kap. 9 Dokumentation). Insbesondere ist auf eine exakte Aufnahme des Übergangsbereiches von der ungesättigten zur gesättigten Bodenzone sowie auf eventuell lokal vorhandenes Schichtenwasser in der ungesättigten Bodenzone zu achten. Dies kann bei der späteren Interpretation und Bewertung der Analyseergebnisse von großer Bedeutung sein, um die Ausbreitung der Schadstoffe im Boden erklären zu können. Hierzu ist die **Messung des Grundwasserstandes** im Bohrloch vor dem Verschließen notwendig. Jedes beprobte Bodenprofil sollte durch eine **Farbfotografie** dokumentiert werden.

Grundsätzlich stellt die **Ansprache** (Profilbeschreibung) einen Meßvorgang dar, bei dem alle erhältlichen Felddaten wertfrei festzuhalten sind. Auch Daten, die zunächst widersprüchlich erscheinen oder Hinweise auf mögliche oder offensichtliche Einflüsse aus der angewendeten Aufschlußtechnik geben, sind Meßergebnisse und als solche zu dokumentieren. Ebenso sollten Hinweise auf nicht sicher erkannte Bestandteile (z.B. Materialart) ins Protokoll aufgenommen werden. Die Unterscheidung eines natürlichen Bodens als gewachsen oder aufgefüllt ist wichtig, aber nicht immer möglich. Interpretationen und Bewertungen der so erhaltenen Daten sind erst nach vollständiger Erfassung aller Felddaten zulässig.

Sowohl bei Altablagerungen als auch auf Altstandorten werden an der Oberfläche häufig Ablagerungen der verschiedensten Herkunft, z.B. oft Boden vermischt mit Bauschutt, angetroffen.

Es sollte unterschieden werden zwischen:

- **Gewachsener Boden:** natürlich vor Ort entstandener Boden ohne anthropogene Beeinflussung (z.B. Ton, Schluff, Sand, Kies, Mergel, Torf)
- **Aufgefüllter Boden:** anthropogene Auffüllung aus natürlichen Böden, die möglicherweise mit bodenfremden, mineralischen Stoffen vermischt wurden
- **Auffüllung aus Fremdstoffen:** künstlich hergestellte oder anthropogen stark veränderte Stoffe (z.B. Bauschutt, Schotter, Hausmüll, Klärschlamm, Schlacke)
- **Schadstoff:** sichtbar erkennbar als Verunreinigung bis zu Schadstoff in Phase vorliegend (z.B. Teeröl, Grubenverfüllung, Abfall, Fettilinsen)
- **Sonderformen:**
 - künstlich hergestellte oder bearbeitete organische Oberböden (Mutterboden, Ackerböden), (s.a. Kap. 7)
 - Oberflächenbefestigungen (z.B. Asphalt, Beton, Verbundsteinpflaster)
 - unterirdische Einbauten (z.B. Schächte, Becken, Fundamente)

Die genannten Stoffgruppen können auch kombiniert auftreten, so daß eine Stoffgruppe als Hauptbestandteil oder als Beimengung vorliegen kann. Lediglich das gemeinsame Auftreten von gewachsenen Böden mit Auffüllungen ist definitionsgemäß nicht möglich.

Die Beschreibung hat nach DIN 4022 zu erfolgen mit zusätzlichen Einträgen in das Schichtenverzeichnis für die ggf. vorhandenen Beimengungen und Fremdstoffe. Die zeichnerische Darstellung erfolgt nach DIN 4023. Die Klassifikation nach DIN 18196 (Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke) ist ein weiteres Hilfsmittel zur übersichtlichen Beschreibung.

Bereits im Feld ist eine Prüfung auf bewertungsrelevante Bodenstrukturen vorzunehmen. So sollten beispielsweise potentielle Leit- und Sperrhorizonte innerhalb geologischer Schichten (z.B. bevorzugte Sickerwege für horizontale Schadstoffausbreitung) beschrieben werden.

Das Vorhandensein von **Schadstoffen** im Boden, z.B. organoleptisch feststellbares Mineralöl, ist kein Indiz für aufgefüllten Boden. Zur Ansprache eines natürlichen Bodens als „aufgefüllt“ dienen in der Regel Indizien wie ortsfremde Mineralstoffe, anthropogene Bestandteile oder Veränderungen der Bodenstruktur und -textur. Zur Bodenansprache aufgefüllter Böden gehört also immer die schichtweise vollständige Beschreibung der erkannten Fremdbestandteile. Liegen Hinweise auf den Auffüllcharakter allein aus einer veränderten Bodenstruktur oder den örtlichen Gegebenheiten vor, so sind diese ebenfalls im Schichtenverzeichnis zu vermerken, z.B. durch Anmerkungen wie „Bodenstruktur gestört“ oder „vermutlich aufgefüllt“.

Bei **Auffüllungen** aus Fremdstoffen sind alle Beschreibungen erforderlich, die in der Summe eine Einstufung als Auffüllung nachvollziehbar machen. In der Regel reichen verallgemeinernde Klassifizierungen wie „Bauschutt“ oder „Müll“ nicht aus. Vielmehr sind identifizierbare Einzelbestandteile zu benennen, z.B. mineralische Bausubstanz aus Beton, Mauerwerksteinen und nichtmineralischer Bauschutt wie Dachpappe, Asphalt, Bauholz u.a..

Für müllähnliche Stoffe sind **Einzelbestandteile** soweit erkennbar differenziert zu benennen. Stoffe, die vermutet, d.h. nicht sicher identifiziert werden können, sollten als solche z.B. mit „?“ gekennzeichnet werden. Zersetzungsgrad und anthropogene Vorbehandlung (z.B. „lackiertes Holz“ statt „Holzreste“) sollten soweit erkennbar angegeben werden. Die Ansprache der einzelnen Bestandteile in Auffüllungen sollte nach **Volumenanteilen** mit Schätzungen zur prozentualen Verteilung erfolgen.

Schadstoffe können vor Ort anhand der Farbe erkannt werden. Wenn eine Gefährdung durch Schadstoffe nicht ausgeschlossen werden kann, muß eine Geruchsprobe unterbleiben.

Auffälligkeiten können in allen drei Stoffgruppen - gewachsener Boden, aufgefüllter Boden, Auffüllung aus Fremdstoffen - auftreten. Durch die **organoleptische Ansprache** sind die wahrnehmbaren Parameter zu erfassen. Werden unter Einhaltung von erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Probenentnahme Gerüche festgestellt, so sind diese zusätzlich zu dokumentieren. Die organoleptische Überprüfung kann auch ein wichtiges Kriterium für die **Probenauswahl** zur chemischen Analytik sein. Sie sollte immer mit einer visuellen Prüfung an der Oberfläche (z.B. Ölflecken, Müllreste) beginnen.

Außer den organoleptisch wahrnehmbaren Parametern gehören auch folgende Vor-Ort-Parameter zur Bodenansprache:

- Zusammensetzung (Kornverteilung, Haupt- und Nebenanteile sowie ggf. vorhandene Fremdstoffe nach Art und Anteil)
- Konsistenz, Dichte
- Farbe
- Struktur und Homogenität

Die visuelle Bodenansprache beginnt in der Regel mit der Farbansprache. Hier ist vor allem die Farbveränderung gegenüber unbeeinflusstem Boden zu prüfen. Zusätzlich soll immer auch das strukturelle Aussehen in die Prüfung einbezogen werden. Strukturveränderungen können im Korngerüst und im Porenwasser auftreten, z.B. Partikel, Staub, Schlieren, Öltröpfchen o.a..

Weiterhin werden geruchliche Auffälligkeiten, soweit ohne Riechprobe wahrgenommen, nach möglicher Identität notiert. Die Dokumentation der organoleptischen Ansprache soll immer angemessen für die jeweilige Fragestellung (z.B. Untersuchungsziel „Benzin im Boden?“) und durchgängig über die gesamte Aufschlußtiefe erfolgen. Eine allein auf entnommene Proben bezogene Ansprache gibt kein repräsentatives Bild, da Proben bereits eine Auswahl aus dem Aufschlußprofil darstellen.

Um aus dem Probenmaterial emittierende Substanzen zu ermitteln, die unter Umständen wichtige Informationen zur Beurteilung darstellen, können Summenparameter-Meßgeräte eingesetzt werden. Besonders bewährt haben sich dabei Photo- und Flammenionisationsdetektoren (PID, FID). Diese Geräte können ein objektiver Ersatz für die Riechprobe sein.

Die Tiefenangaben von Schichten erfolgen nach DIN 4022 jeweils für die Schichtunterkanten. Schichten sind sowohl als stoffspezifische, geologisch und bodenmechanisch bzw. bodenkundlich verschiedene Partien des Untergrundes anzusehen. In Auffüllungen ist die Schichteinteilung schwierig. In der Regel werden sichtbar gleichartige Auffüll-Bestandteile als zusammenhängende Teilbereiche analog Schichten beschrieben.

Siehe hierzu auch: Kap. 9. Dokumentation

5.2 Allgemeine Vorgaben für die Entnahme von Proben

Die eigentliche Entnahme der Probe aus dem Aufschlußgerät erfolgt in der Regel mit Spateln, Löffeln oder ähnlichen Geräten. Im Bedarfsfall können auch Kleinkerne mit einem Probenstecher oder Stechzylinder (z.B. aus einer Einwegspritze gefertigt) ausgestochen werden. In Abhängigkeit von Probegut und Untersuchungsziel sollten vorzugsweise Geräte aus nichtrostendem Stahl oder Kunststoff verwendet werden. Grundsätzlich sollte ausreichend dicht (etwa alle 0,5 bis 1 m in homogenen Schichten) und schichtenspezifisch beprobt werden.

Beim Probenaufschluß kann durch Abrieb eine nicht unbeträchtliche **Kontamination** mit Schwermetallen (z.B. Cr, Ni aus Edelstahl) entstehen. Daher müssen jene Bereiche des Probegutes verworfen werden, die mit den Werkzeugen in Berührung gekommen sind. Grundsätzlich sollte nur der **zentrale**, möglichst wenig gestörte Bereich des Bohrkerns, der Schneckenfüllung oder des Greiferinhaltes beprobt werden. Dies ist besonders wichtig bei Kleinbohrverfahren, da dort der mit dem Bohrgestänge im Kontakt stehende Anteil des Kernes verhältnismäßig groß ist.

Um **Schadstoffverschleppungen** zu vermeiden, sind die Probennahmegeräte nach jedem Entnahmevergange gründlich zu reinigen. Im Fall anorganischer Kontaminationen genügt i.d.R. das Abspülen mit Wasser oder Abwischen mit Tüchern. Im Fall organischer Verunreinigungen kann die Reinigung mit einem geeigneten Spülmittel (Lösemittel, z.B. Alkohol oder Aceton) erforderlich sein. Anschließend sollte das Bohrgestänge abgeflämmt werden. Das verunreinigte Lösemittel ist vor Ort in einem Gefäß aufzufangen (evtl. mit einem Trichter oder in einer Auffangwanne) und später ordnungsgemäß zu entsorgen. Die Verwendung von Lösemitteln ist zu dokumentieren und dem Untersuchungslabor mitzuteilen, da von diesen Lösemitteln Anteile in die Probe gelangen können. Alternativ ist auch die Verwendung von Hochdruckreinigern denkbar.

Darüber hinaus sind alle Kontaminationen aus der Umgebung oder den Arbeitsgeräten zu minimieren, aber auch dem Labor mitzuteilen. Mögliche **Fremdkontaminationen** sind:

- BTX und Kohlenwasserstoffe aus dem Einfüllen von Benzin in Motorentanks
- PAK und Kohlenwasserstoffe aus den Auspuffabgasen von Motoren
- LHKW aus Kaltreinigern
- Lösemittel aus Faserschreibern oder Klebstoffen beim Beschriften von Probennahmegeräten
- Staub oder flüchtige Stoffe aus Anlagen in der Umgebung

Die Positionierung von emittierenden Hilfsaggregaten hat so zu erfolgen, daß Probenkontaminationen oder -veränderungen ausgeschlossen werden können. Dabei sind Sonneneinstrahlung und Windrichtung zu berücksichtigen. Die Probenentnahme und die Aufnahme der Schichtenfolge sollen nicht in der Abluffahne des Bohraggregats erfolgen. Es darf nicht geraucht werden.

Verluste leichtflüchtiger Schadstoffe (s.a. Kap. 5.7) sowie Probenveränderungen durch Oxidationsprozesse oder fotolytische Zersetzung sind durch schnelles Abfüllen und Verschließen der Behälter zu minimieren. Die Probenbehälter sollen vor Ort möglichst sofort dunkel und kühl gestellt werden.

Spezielle Vorschriften müssen beachtet werden, wenn die Proben für **mikrobiologische** Untersuchungen (Abbau von Schadstoffen) genommen werden. Ausführliche Hinweise finden sich in den Leitfäden der **DECHEMA (Biologische Testmethoden für Böden, 1995)** und **der GDCh (Erfolgskontrolle bei der Bodenreinigung, 1996)**.

Ebenfalls besondere Ansprüche an die Probenentnahme werden gestellt, wenn bei **Schwermetallanalysen** z.B. das Bindungsverhalten oder das potentielle Mobilisationsverhalten untersucht werden soll. Die Entnahme muß dann z.B. unter Schutzgas erfolgen, die Transportbehälter müssen absolut gasdicht sein.

5.3 Probenmengen

Bei Feststoffen hat die Korn- bzw. Partikelgröße einen entscheidenden Einfluß auf das Mindestgewicht einer repräsentativen Probe. Darüber hinaus hängt die Probenmenge von Art und Umfang der Untersuchungen, von der Beschaffenheit der Matrix, sowie von den jeweiligen analytischen Bestimmungsgrenzen ab.

5.3.1 - für chemische Untersuchungen

Zur Gewährleistung einer repräsentativen und für die chemischen Laboruntersuchungen ausreichenden Probenmenge ist in der Regel etwa **1 bis 2 kg** Probenmaterial erforderlich, um insbesondere genügend Anteile der Feinkornfraktion zu erhalten.

Können bestimmte Untersuchungen bei spezifischem Verdacht von vornherein ausgeschlossen werden, kann die Probenmenge nach Absprache mit dem Labor reduziert werden. Probenmengen für evtl. erforderliche Rückstellproben sind zu berücksichtigen. Auf jeden Fall muß die Einheitlichkeit einer Probe gegeben sein.

Bei sehr inhomogenem Material und Material mit einem hohen Skelettgehalt (d.h. Material mit einem Durchmesser > 2 mm) sollte die Entnahmemenge ca. 4 kg umfassen, um eine ausreichende Menge an Feinanteil (1 bis 2 kg) sicherzustellen.

Im allgemeinen richtet sich die zur Gewährleistung der Repräsentativität erforderliche Probenmenge nach der **maximalen Korngröße** des zu untersuchenden Materials, so daß für kiesige bis steinige Böden größere Mengen von z.T. > 4 kg notwendig sind. Die erforderlichen Probenmengen errechnen sich dabei nach der LAGA-Richtlinie PN 2/78 (Stand 12.1983). Diese legt das Mindestgewicht nach der Formel $G = 0,06 \times d$ fest, wobei **G** das Gewicht der Probe in kg und **d** der maximale Korndurchmesser in mm ist.

Von Grobmaterialien, die möglicherweise Schadstoffe enthalten, sind repräsentative Anteile als Sonderproben zu entnehmen und für Einzelanalysen aufzubereiten. Ihr Massenanteil an der beprobten Schichteinheit ist zu ermitteln und zu dokumentieren.

5.3.2 - für bodenphysikalische Untersuchungen

Der Zusammenhang zwischen maximaler Korngröße und Mindestprobenmenge für bodenphysikalische Untersuchungen ist in Tabelle 5.1 gemäß DIN 18123 bzw. 19683, Teil 1 dargestellt.

Tabelle 5.1: Zusammenhang zwischen maximaler Korngröße und Mindestprobenmenge

Durchmesser des Größtkorns in mm	Mindestprobenmenge in g nach DIN 18123	Mindestprobenmenge in g nach LAGA PN 2/78
2	150	120
5	300	300
10	700	600
20	2000	1200
30	4000	1800
40	7000	2400
50	12000	3000
60	18000	3600

5.4 Probenauswahl und -vorbereitung

Aus der Gesamtzahl der Proben sind **Einzelproben** für die Laboruntersuchungen auszuwählen. In begründeten Ausnahmefällen, abhängig von Untersuchungsziel und Fragestellung, können aus vergleichbaren Einzelproben repräsentative **Mischproben** hergestellt werden, z.B. Mischproben aus gleicher Tiefe (horizontale Mischprobe) oder eines Bohrprofils (vertikale Mischprobe).

Je nach Fragestellung kann eine gezielte **Auswahl** von Proben für die chemisch-physikalische Untersuchung durch den sachkundigen Probennehmer **vor Ort** erfolgen (z.B. durch organoleptische Überprüfung). Die Auswahlkriterien sind in jedem Fall zu dokumentieren. Im Rahmen der Erkundung kann die Verwendung von Vor-Ort-Analytik bei der Probennahme dann sinnvoll sein, wenn Entscheidungen während des Einsatzes getroffen werden müssen.

So kann z.B. die Anpassung eines Untersuchungsrahmens oder eine Konkretisierung von Arbeitsschutzmaßnahmen auf der Basis von Vor-Ort-Messungen durchgeführt werden.

Darüber hinaus kann die Anzahl der Laboranalysen mit Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze durch Vor-Ort-Messungen verringert werden. Die Einsatzmöglichkeiten und der Vertrauensbereich solcher Messungen sollten jedoch immer kritisch geprüft werden.

In der Verantwortung des Probennehmers liegt auch die vorherige **Absprache mit dem Analysenlabor**. Es genügt nicht, die Proben einfach bei einem Labor abzugeben und auf die Ergebnisse zu warten. Um die Analysedaten vernünftig interpretieren zu können, muß man wissen, wie die Proben im Labor weiterverarbeitet werden. Auch der Zeitpunkt der Probenanlieferung und die Anzahl der Proben muß unbedingt vorher mit dem Labor abgestimmt werden, damit die Analysen ohne lange Warte- oder Lagerungszeiten durchgeführt werden können.

Wichtig ist hier auch die **Probenvorbereitung**. Man sollte sich mit dem Labor auf eine genaue Schnittstelle einigen: Wer zerkleinert, wer sortiert, wer homogenisiert, wer stellt Teilproben her, wer stellt Mischproben her? Es kann durchaus sinnvoll sein, wenn ein Teil dieser Schritte vom Probennehmer selbst durchgeführt wird. In jedem Fall sollte die Probenvorbereitung abgesprochen und dokumentiert werden.

5.4.1 Einzel- bzw. Stichproben

Einzelproben sollten immer entnommen werden

- beim Antreffen organoleptisch auffälliger Horizonte
- beim Antreffen von auffälligen Gegenständen wie z. B. Kanistern, Fässern u. ä. (bei Greiferbohrung oder Schurf)
- für die Untersuchung auf leichtflüchtige organische Schadstoffe (z. B. CKW oder BTX-Aromaten)
- aus den Bereichen direkt über stauenden Bodenschichten
- aus der Grundwasserwechselzone

5.4.2 Mischproben

Mischproben können hergestellt werden durch Mischen etwa volumengleicher Einzelproben aus einem bestimmten Tiefenabschnitt (i.d.R. 0,5 - 1 m). Dabei werden die einzelnen entnommenen Proben nach Homogenisierung durch intensives Verrühren direkt in ein gemeinsames geeignetes Probengefäß abgefüllt. Eine Homogenisierung durch intensives Verrühren kann bereits vor Ort, sollte aber auf jeden Fall nochmals im Labor durchgeführt werden.

Für bestimmte Fragestellungen kann eine Mischprobe aus einem Profil durch Entnahmen von Proben in bestimmten Abständen hergestellt werden.

Für die Vermischung bzw. **Homogenisierung** hat sich das intensive Verrühren in einer Kunststoff- oder Edelstahlschüssel (je nach Schadstoff) oder das Aufkegeln auf einer inerten Unterlage bewährt. Dies kann eine Edelstahlplatte oder aber auch ein sauberes Blech oder eine saubere Folie sein. Falls die Menge der Mischprobe für ein Probengefäß zu groß ist, muß das Probengut geteilt werden (s.Kap.5.4.5)

Je nach Fragestellung kann es sinnvoll sein, vor Ort Einzelproben zu entnehmen und erst **im Labor** daraus Mischproben herzustellen. Teile der Einzelprobe können dann als Rückstellproben für eventuell notwendige Nachuntersuchungen aufbewahrt werden.

Mischproben können auch das Ergebnis einer **Probenteilung** sein.

Für die Untersuchung auf **leichtflüchtige** organische Schadstoffe dürfen auf keinen Fall Mischproben hergestellt werden.

Aufgefüllte und gewachsene Böden werden immer getrennt beprobt, ebenso wie Horizonte mit unterschiedlicher Konsistenz und Färbung.

5.4.3 Rückstellproben

Rückstellproben sind erforderlich, um bei **veränderter Fragestellung** oder bei **Unsicherheiten** bzw. Fehlern der Laboranalytik, die sich ggf. im nachhinein aus den Ergebnissen der Analysen ergeben, Probenmaterial für weitere chemisch-physikalische Untersuchungen zur Verfügung zu haben. Eine Ausweitung des Untersuchungsumfangs kann nur dann erfolgen, wenn die Probennahme auch in Bezug auf die neu hinzugekommenen Parameter sachgemäß war.

Die **Lagerung** von Rückstellproben ist nur dann sinnvoll, wenn die Schadstoffe nicht zu flüchtig sind, oder durch Einfrieren, Spezialgefäße etc. die Lagerungsbedingungen den Stoffeigenschaften angepaßt werden. Im Normalfall sollte auf Rückstellproben nur bei wenig flüchtigen Substanzen oder zur Bestimmung von Materialeigenschaften (Körnung, Konsistenzgrenzen, Tonmineralzusammensetzung) zurückgegriffen werden. Zur möglichen Dauer der Lagerung siehe Tabelle 6.2 (Kap.6.2)

5.4.4 Referenzproben

Referenzproben werden an Stellen entnommen, die von der Altlast sicher unbeeinflusst sind. Sie dienen der Ermittlung der kleinräumigen geogenen Hintergrundbelastung. Es sollte pro Standort mindestens eine Referenzprobe aus dem auf der Altlast zu beurteilenden Horizont entnommen werden, wenn die Hintergrundbelastung nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt ist.

5.4.5 Probenteilung / -Reduktion

Bei Anfall von großen Mengen Bohrgut, z.B. bei Greiferbohrungen oder einem Baggerschurf, ist es sinnvoll zur Herstellung einer repräsentativen **Mischprobe** eine Probenteilung vorzunehmen (nicht bei flüchtigen Komponenten!).

Das Probenmaterial sollte dabei auf eine saubere und glatte Unterlage (z.B. Edelstahlplatte, Blech oder Plastikfolie) geleert, sorgfältig durchmischt und geteilt werden. Die Probenteilung erfolgt am besten durch Aufkegeln und Vierteln mit einem Kreuzteiler (Probenkreuz), wobei zwei gegenüberliegende Viertel verworfen werden. Der verbleibende Rest wird dann erneut solange aufgekegelt, geviertelt und verworfen bis die Probenmenge klein genug ist, um in ein geeignetes Gefäß überführt zu werden. Für die Probenteilung größerer Mengen können auch anstelle eines Metall-(Edelstahl)-Kreuzes vier zusammengestellte Transportkisten verwendet werden.

5.4.6 Sortierung von Probenmaterial

Aus der Gesamtmenge einer vorliegenden Bodenprobe müssen **grobe Anteile** wie Steine, Holzstücke o.ä. **aussortiert** oder durch Absieben abgetrennt, beschrieben und ihre Gewichtsverhältnisse durch Wägung bestimmt werden.

Das wird am zweckmäßigsten im Labor durchgeführt. Falls schon vor Ort Grobteile aussortiert werden müssen, ist eine **Massen- oder Volumenabschätzung** vorzunehmen und im Probennahmeprotokoll zu dokumentieren. Im allgemeinen werden die Analysenergebnisse auf die Trockensubstanz berechnet, und bezogen auf den Feinanteil der Probe (soweit möglich < 2 mm) angegeben. Dies ist im Analysenprotokoll mit Angabe des Gewichts der aussortierten Anteile zu vermerken.

5.5 Beprobung von Bohrkernen

Bei Sondierungen und Bohrungen mit seitlich offenem Kernrohr erfolgt die Entnahme der Proben **direkt aus dem Kernrohr**, unmittelbar nachdem der Bohrkern zutage gefördert wurde. Bei geschlossenen Kernrohren (großkalibrige Bohrung) wird das Kernmaterial vor der Probenentnahme in einer Kernkiste tiefenorientiert ausgelegt. Die Art und Sorgfalt der Kernrohrentleerung (mechanische Werkzeuge, Pressluft) und die Verweildauer des Probenmaterials in der Kernkiste beeinflussen die Probenqualität.

Die Bohrkernkerne sollten vor Entnahme der Proben durch **Farbfotos** dokumentiert werden. Dafür die Randbereiche des Kernes abgekratzt. Zur Aufnahme wird ein Meterstab neben den Kern gelegt und am besten ein Makroobjektiv verwendet. Zur besseren Farbproduzierbarkeit im Entwicklungslabor ist die Farbkarte mitaufzunehmen. Auf ausreichende Beleuchtung ist zu achten.

Die Randbereiche des Bohrkerns werden verworfen. Alle Proben müssen unmittelbar bzw. so schnell wie möglich in geeignete Gefäße (s.Kap.6) überführt werden.

Bohrfortschritt und Entnahme der Proben müssen, insbesondere bei Vorhandensein von flüchtigen Schadstoffen, aufeinander abgestimmt sein. Der jeweils folgende Bohrmeter darf erst dann gezogen werden, wenn der vorherige komplett aufgearbeitet wurde.

Schlauchkernproben dürfen nur dann mit Paraffin versiegelt werden, wenn ausschließlich auf schwerflüchtige Stoffe untersucht wird.

5.6 Beprobung von Schürfen

Die Probenentnahme erfolgt soweit als möglich (Arbeitsschutz beachten !) direkt aus der **vertikalen Stirnfläche** des Schurfs. Damit ist eine Horizontzuordnung der Probe möglich. Vor der Probenentnahme sind die Schurfwände zu säubern. Die Proben sind zur Vermeidung von Kontamination durch herabfallendes Material immer von unten nach oben zu entnehmen. Dies kann z.B. durch Abstechen der Schurfwand mit einem Spaten erfolgen.

Danach sind die Proben an den Schurfwänden mit geeignetem Gerät aus inertem Material (Spachtel, Messer, Stechzylinder) auszusteichen. Die **genaue Lage** der Probennahmestelle ist im Probennahmeprotokoll zu notieren.

Falls der Schurf **nicht begehbar** ist, erfolgt die Probennahme 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 Altlast ist in einer Skizze festzuhalten. Die Stirnfläche des Schurfs und das gewonnene Material sollten durch **Farbfotos** dokumentiert werden.

Alle Proben müssen unmittelbar bzw. so schnell wie möglich in geeignete Gefäße (s.Kap.6) überführt werden.

5.7 Beprobung bei leichtflüchtigen Schadstoffen

Leichtflüchtige organische Verbindungen werden von Böden unterschiedlich adsorbiert und befinden sich in einem entsprechenden Gleichgewicht zwischen Adsorption und Desorption. Dieses Gleichgewicht wird durch den Vorgang der Probennahme gestört, weil sich dabei der Druck und die Temperatur ändern. Proben für die Untersuchung auf flüchtige Stoffe müssen sofort und möglichst ungestört entnommen und in dicht schließende, vorgekühlte Glasgefäße abgefüllt oder ggf. vor Ort für die Analyse vorbereitet werden. Um Ausgasungen so gering wie möglich zu halten, sollten die Bodenproben aus großen, unversehrten Portionen (ca. 0,5 kg) bestehen, aus deren Inneren dann die benötigte Untersuchungsmenge entnommen werden kann. Keinesfalls dürfen Mischproben hergestellt werden.

Zur Entnahme von Bodenproben für die Untersuchung auf leichtflüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen ist folgendes Vorgehen zu empfehlen (nach Absprache mit dem Labor!): Abfüllen der Proben (je nach Homogenität und Bodenart ca. 20 - 100 g) direkt aus dem Bohrkern in Weithals-Erlenmeyer-Kolben mit Glasschliffstopfen, welche zuvor im Labor mit etwa der gleichen Menge Ethylenglykolmonomethyläther versetzt wurden. Der Kolben wird sofort verschlossen, der Transport erfolgt kühl und dunkel.

Im Labor wird dann die Probenmenge exakt ausgewogen. Durch Schütteln gehen die Schadstoffe in das Lösungsmittel über. Als Einwirkungsdauer zur Einstellung des Verteilungsgleichgewichts haben sich 8 - 12 h bewährt.

Dabei soll der Feststoff erkennbar gleichmäßig verteilt sein (Kornverband aufgelöst). Je nach Art der Probe (z.B. bindige Böden) ist zu Beginn der Elution eine Behandlung im Ultraschallbad (5 - 15 min) erforderlich.

Nach der Elution wird ein Aliquot des überstehenden Methylglykols in ein bereits mit 10 ml Wasser gefülltes Headspace-Probegefäß pipettiert. Das Gefäß wird sofort verschlossen und vor der Analyse mindestens 60 min im Autosampler des Headspace-Systems bei 80 °C temperiert.

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

Zur Untersuchung von flüchtigen Schadstoffen ist auch die **Schlauchkernprobennahme** geeignet. Die Hülsen oder Folienschläuche sollten dann allerdings soweit möglich erst im Labor geöffnet werden und die Proben anschließend gleich weiterverarbeitet werden. Ist ein Öffnen vor Ort nicht zu umgehen, so müssen die Proben sofort entnommen und wie oben beschrieben behandelt werden.

6. Probenbehandlung

6.1 Probengefäße

Die Untersuchungen von Feststoffproben im Rahmen der Altlastenbearbeitung macht den Einsatz unterschiedlicher **Probengefäße** notwendig. Es ist für den Probennehmer wichtig zu wissen, welche Arten von Probengefäßen es gibt und für welche Analysenparameter diese geeignet sind. Im übrigen ist zu empfehlen, die Auswahl der Probengefäße mit dem Analytiklabor abzusprechen.

Ein in der Praxis ebenfalls nicht zu unterschätzender Punkt ist die eindeutige Beschriftung der Probengefäße, da wichtige Informationen zur Probe durch unleserliche oder unvollständige Kennzeichnung verloren gehen können, was unter Umständen sogar eine Neubeprobung notwendig machen kann.

6.1.1 Auswahl von Probengefäßen

Für **Probengefäße** aus Glasmaterial wird das chemisch beständige Borsilikatglas nach DIN - ISO 3585 empfohlen, welches gegenüber Kalk-Soda-Gläsern eine deutlich höhere Temperaturwechselbeständigkeit und chemische Stabilität besitzt. Braunglas ist wegen der Lichtabsorption Klarglas vorzuziehen. Im folgenden werden die verwendbaren Gefäßarten aufgelistet und die für die jeweiligen zu untersuchenden Parameter geeigneten Gefäße angegeben (Tabelle 6.1).

Tabelle 6.1: Auswahl der Gefäße für Feststoffproben nach Untersuchungsparameter (nach Dr.B.Scholz aus /20/)

Gefäß- typ	Beschreibung der Gefäße	geeignet für Feststoffproben zur Untersuchung auf Para- metergruppe*
1	Glas-Schliff-Standflaschen -Weithals mit Normschliff (NS) nach DIN 12039 mit NS-Glasstopfen in Klar- und Braunglas, Nennvolumen: 500 ml, 1000 ml oder 2000 ml.	alle anorganischen Parameter außer Al, alle organischen und Summenparameter außer leichtflüchtigen Komponenten oder Gasen
2	Glas-Weithals-Gewindegläser mit Gewinde nach DIN 168 (Rundgewinde) in Klar- und Braunglas, schwarze Verschlusskappe mit Polyethylen-Einlage, Nennvolumen: 500 ml oder 1000 ml Achtung: Diesen Gefäßtyp gibt es nur aus Kalk-Soda-Glas. Statt der Polyethylen-Einlage sind auch PTFE-beschichtete Butylgummi-scheiben lieferbar. Ggf. Einlage aus Aluminiumfolie	alle anorganischen Parameter außer Al, alle organischen und Summenparameter außer leichtflüchtigen Komponenten oder Gasen, sofern keine Probenveränderung durch diesen Glastype oder das Verschlussmaterial möglich ist.
3	Glas-Laborstandflaschen nach ISO 4796 mit Gewinde nach DIN 168 (Rundgewinde) in Klar- und Braunglas, Nennvolumen: 500 ml oder 1000 ml (Achtung: DIN-Gewinde für beide Größen GL 45), mit folgenden Verschlusskappen (ggf. Einlage aus Aluminiumfolie verwenden *):- Schraubverschlusskappen und Ausgießringe aus Polypropylen (PP), (stabil von -40°C bis +140°C)- Schraubverschlusskappen aus Polybutylenterephthalat (PBT) mit PTFE-beschichteter Dichtung (stabil von -45°C bis +200°C) und Ausgießringe aus Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer (ETFE) (stabil von -100°C bis +140°C)	alle anorganischen Parameter außer Al, alle organischen und Summenparameter * für Halogenkohlenwasserstoffe keine Aluminiumfolie verwenden (Reduktion)!
4	Weck-Gläser mit Gummi- oder Teflondichtung und Metallbügelspanner, Nennvolumen: 350 , 500 , 1000 oder 1500 ml	alle anorganischen Parameter außer Al, alle organischen und Summenparameter außer leichtflüchtigen Komponenten oder Gasen
5	Headspace-Gläschen , gasdicht verschließbar mit Septum, Federring und Aluminiumkappe	alle leichtflüchtigen Parameter
6	Polyethylen und PMP-Weithalsflaschen aus transparentem oder braunem Hochdruckpolyethylen * (HDPE, stabil von -50°C bis +105°C), aus transparentem Niederdruckpolyethylen (LDPE, stabil von -50°C bis +80 °C) oder transparentem Poly-4-Methylpen-ten-1 (PMP, stabil von 0°C bis +175 °C). Die Ver-	alle anorganischen Parameter

	schlüsse bestehen grundsätzlich aus Polypropylen (PP, stabil von 0°C bis 135 °C). Nennvolumen: 500 ml (Öffnung 53 mm) oder 1000 ml (Öffnung 63 mm) *Empfehlenswert sind die sog. „Nalge-ne“-Flaschen. Hierbei handelt es sich um hochpräzise, spritzgeblase-ne Kunststoff-Flaschen mit hervorragenden Oberflächeneigen-schaften und patentierten, auslaufsicheren Verschlusssystemen.	
7	Polyethylen-HDPE-Weithalsflaschen , naturfarbig mit Gewinde nach DIN 168 (Rundgewinde), Nennvolumen: 500 ml (Gewindegröße GL 50) oder 1000 ml (Gewindegröße GL 65)	alle anorganischen Parameter
8	Polyethylen-Beutel aus LDPE mit „Reißverschluß“, Foli-enstärke 0,1 mm, transparent oder braun mit unterschiedlichen Maßen (z.B. 102 x 152 mm bis 304 x 304 mm)	alle anorganischen Para-meter, nur zur Lagerung als Rückstellproben
9	Polypropylen-Dosen , auslaufsicher und stapelbar mit Schraubverschluß aus PP, Nennvolumen: 500 ml oder 1000 ml (Schraubverschluß-Durchmesser jeweils 120 mm)	alle anorganischen Parameter
10	Polyethylen-Fässer aus HDPE mit Standarddeckel und Spann-ring, Nennvolumen: 30 l oder 60 l (bis 220 l lieferbar)	alle anorganischen Parameter
11	Weißblech-Eimer mit oder ohne Kunststoffbeschichtung (in-nen) und Deckel, Nennvolumen: 5 l oder 10 l	nicht für die chemische Ana-lytik, nur zur Probenaufbe-wahrung von Rückstellproben zur visuellen Begutachtung

*Den in der Tabelle 6.1. aufgeführten Parametergruppen sind folgende Parameter zugeordnet:

- **Anorganische Parameter:** Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Kobalt, Nickel, Quecksilber, Zink, Arsen, Antimon, Thallium, Bor, Chromat, Sulfide, Cyanide, Nitrat, Sulfat, Chlorid, Phosphat
- **Summenparameter:** CSB, TOC, DOC, EOX, AOX, AOS, Phenolindex, Kjeldahl-stickstoff, Mineralölkohlenwasserstoffe incl. Öle und Fette
- **Organische Parameter:** Leichtflüchtige Chlor- und Fluorkohlenwasserstoffe, leicht-flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTX), leichtflüchtige aliphatische Kohlen-wasserstoffe incl. Lösemittel, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Naphthaline, polychlorierte Dibenzodi-oxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF), Organochlorpestizide, Organo-phosphorpestizide, Phenoxy-carbonsäuren, Phenole incl. Chlorphenole, Nitroaromaten und Sprengstoffe sowie deren Abbauprodukte, Kampfstoffe.

Vor allem organische Schadstoffe können in Kunststoffe eindiffundieren und dort adsorptiv gebunden werden. Aus diesem Grund dürfen Proben, die auf organische Parameter untersucht werden sollen, auf keinen Fall in Kunststoffgefäße, sondern nur in luftdicht verschließbare Glasgefäße gefüllt werden. Dem unter Einwirkung von UV-Licht möglichen fotooxidativen Abbau von Schadstoffen kann durch Verwendung von Braunglasflaschen und dunkler Auf-bewahrung entgegengewirkt werden.

6.1.2 Reinigung der Probengefäße

Gebrauchte Probengefäße müssen gereinigt werden, um eine Kontamination von Proben durch Schadstoffverschleppung zu vermeiden. Die Gefäße müssen nach der Reinigung in Bezug auf den oder die zu bestimmenden Parameter **blindwertfrei** sein. Dies ist meßtechnisch zu prüfen und für die gereinigte Charge an Probengefäßen zu protokollieren. Es ist zu empfehlen, neue Gefäße stichprobenweise auf Blindwertfreiheit zu prüfen. Chemikalien wie Chromschwefelsäure oder alkalische, 30%ige Kaliumpermanganatlösung werden i.d.R. nicht mehr zur Reinigung eingesetzt. Das Volumen der Spülflüssigkeit sollte bei jedem Spülvorgang etwa 20 % des Gefäßvolumens betragen.

Reinigung von **Glas- oder Kunststoffgefäßen:**

- 3 x mit entmin. Wasser spülen
- Reinigung und Entfettung mit einer für Laborgeräte geeigneten wäßrigen Lösung aus einem tensidhaltigen Industriereiniger, entweder durch ausreichende Lagerzeit in der Lösung oder durch mechanische, manuelle Reinigung. Der Einsatz moderner Laborspülmaschinen ist ebenfalls möglich. Bei sehr hartnäckigen Verunreinigungen können zusätzliche manuelle Reinigungsmaßnahmen mit partikelfreien Spezialreinigungsmitteln vorgenommen werden.
- 3 x mit entmin. Wasser nachspülen
- **Glasgefäße** 1 x mit Aceton nachspülen (nicht Kunststoffgefäße !)
- Trocknen der Gefäße im Umluft-Trockenschrank bei 30°C
- Glasgefäße **ohne** Schliff können auch bei 80°C getrocknet werden.

Beutel aus Polyethylen werden nicht gereinigt und grundsätzlich gebraucht nicht wiederverwendet. Sofern **Kunststoffbeutel** für den Transport oder die Lagerung von Bodenproben verwendet werden, ist bei der Angabe der Analysenergebnisse auf die mögliche Beeinflussung der Untersuchungsergebnisse durch die nicht gereinigte Polyethylenfolie hinzuweisen.

Gefäße aus Weißblech werden in selteneren Fällen für Feststoffproben zur Langzeit-Lagerung und zur Aufbewahrung größerer Mengen (als Rückstellprobe für visuelle Kontrollzwecke) verwendet. Analytische Untersuchungen sollten bei den in dieser Art und Weise gelagerten Proben nicht vorgenommen werden. Diese Gefäße werden als Neuware innen manuell gereinigt und mit einem Föhn getrocknet.

6.1.4 Beschriftung der Probengefäße

Unter einer geeigneten Beschriftung der Proben versteht man ein **Kennzeichnungssystem**, das gesichert und eindeutig jede Verwechslung von Proben untereinander auf Dauer ausschließt. Dies bedeutet, daß Probenbezeichnungen wie „Probe 1“ oder „Nr.1, schwarzgrauer Boden“ nicht geeignet sind, um derartige Probenverwechslungen auszuschließen.

Folgendes Nummernsystem zur Kennzeichnung von Proben wird vorgeschlagen:

Die je Probe zu vergebende Nummer hat folgenden Aufbau:

**Auftrags-Nr. (vierstellig) - Jahr/Monat/Tag - Probe-Nr. (vierstellig) -
Probengefäßanzahl und /-nummer (je zweistellig)**

Beispiel: **1034 - 960818 - 0124 - 15/03**

Erläuterungen:

- Auftrags-Nr.: 1034
- Datum: 18.08.1996
- Probe-Nr.: 124
- Gefäß Nr.3 von 15 Gefäßen dieser Probe (bei einem Gefäß je Probe lautet die Bezeichnung 01/01)

Es hat sich bewährt, die Probenummer bereits vor Ort bei der Probennahme zu vergeben und die entsprechenden Probengefäße sofort mit dieser Nummer zu kennzeichnen. Diese Nummer begleitet die Probe bzw. die entsprechenden Gefäße bei allen nachfolgenden Teilschritten der Bearbeitung (im Probennahmeprotokoll, im Probenbegleitschein, im Analysenprotokoll etc.).

Dieses Kennzeichnungssystem hat folgende **Vorteile**:

- Die Probe ist auf Dauer eindeutig und GLP-gerecht gekennzeichnet
- Durch die Vergabe einer vierstelligen Auftragsnummer sollte eine problemlose Anbindung an interne Proben-Managementsysteme möglich sein.
- In der Probenummer ist das Datum der Probennahme integriert
- Je Auftragsnummer können bis zu 9999 Proben mit einer unterschiedlichen Anzahl an Gefäßen (je Probe und Tag) gezogen werden.
- Der Labormitarbeiter erkennt sofort, welches Gefäß (einer Probenserie) er zur Bearbeitung vor sich hat oder ob nur ein Gefäß einer Probe existiert.
- Anweisungen zur Herstellung von Mischproben können sehr spezifiziert erfolgen.

Die Probengefäße sollten ausschließlich mit der o.g. Probenummer beschriftet werden. Weitere Daten zur Probe oder zur Probennahme sollten im **Probennahmeprotokoll** (s.Kap.9) vermerkt werden. Auch die Bezeichnung der Altlastverdachtsfläche, die Lage des Probennahmepunktes oder der Untersuchungsumfang ist kein Bestandteil der Probenkennzeichnung.

Von erheblicher Bedeutung ist, daß die zur Beschriftung der Probengefäße verwendeten **Aufkleber** dauerhaft die Lesbarkeit der Beschriftung gewährleisten. Es empfiehlt sich, die Aufkleber vor der Probennahme herzustellen und zu prüfen, ob eine ausreichende Haftung am Gefäßmaterial besteht. Des weiteren ist sicherzustellen, daß die verwendeten Aufkleber gegen Feuchtigkeit resistent sind und die Beschriftung auch nach längerer Lagerzeit (z.B. in Kühlzellen) noch lesbar ist. Probengefäß-Beschriftungen nur mit sog. „Permanent-Markern“ (ohne Aufkleber) sind ungeeignet.

6.2 Probentransport, Probenkonservierung und Probenlagerung

Die Proben sollten **möglichst bald** (nach Absprache mit dem Labor!) nach ihrer Entnahme untersucht werden, da manche Inhaltsstoffe einem biologischen Abbau oder einer chemischen Veränderung unterliegen können. Die Bedingungen, unter denen Proben transportiert und gelagert werden, können in Abhängigkeit von der Jahreszeit zu signifikanten Veränderungen der Proben führen. Dieses muß soweit wie möglich vermieden werden. Daher ist grundsätzlich eine **Kühlung** gezogener Proben während Transport und Lagerung vorzusehen, in einzelnen Fällen kann auch ein Einfrieren erforderlich sein. Außerdem sind die Proben immer vor Lichtzutritt zu schützen.

Der Transport von Proben ohne Kühlung sollte nur dann vorgenommen werden, wenn sichergestellt ist, daß die Probentemperatur während des Transportes zwischen 4°C und 25°C liegt und eventuelle Abbaureaktionen die Proben nicht verändern. Bodenproben mit leichtflüchtigen Komponenten sind **immer** gekühlt zu transportieren und es ist darauf zu achten, daß gasdichte Probengefäße (Gefäßtyp 3 oder 5) verwendet werden. Im Regelfall sollte das Transportfahrzeug eine Kühleinrichtung besitzen.

Konservierungsmethoden durch Zugabe von Chemikalien sind für Bodenproben nicht bekannt. Im Regelfall werden Bodenproben in Kühlzellen **bei 4°C** gelagert. Hierbei ist zu bedenken, daß auch bei einer Kühlung der Proben auf 4°C noch gewisse mikrobiologische Reaktionen ablaufen. Es ist im Einzelfall zu entscheiden, wie lange eine Bodenprobe unter diesen Bedingungen gelagert werden kann, ohne daß die mikrobiologischen Abbaureaktionen die Zusammensetzung bzw. Struktur der Probe signifikant verändern. Im Normalfall sollte nur für anorganische Untersuchungsparameter oder zur Bestimmung von Materialeigenschaften (Körnung, Konsistenzgrenzen, Tonmineralzusammensetzung) auf Rückstellproben zurückgegriffen werden. Zur Haltbarkeit von Bodenproben siehe auch Tabelle 6.2.

Sollen leichtflüchtige Komponenten wie CKW oder BTEX-Aromaten bestimmt werden, so kann eine Lagerung der Proben in bestimmten Gefäßen, wie z.B. Schliff-Flaschen oder Flaschen mit einfachem Schraubverschluß, auch bei 4°C zu Verlusten dieser leichtflüchtigen Verbindungen führen.

Für eine Langzeitlagerung von Bodenproben ist ausschließlich das **Einfrieren** bei -18°C bis -20°C geeignet. Dabei ist zu beachten, daß beim Einfrieren die Gefahr von Entmischungs- oder Ausfällungseffekten besteht und daher diese Konservierungsmethode z.B. nicht für leichtflüchtige Substanzen anzuwenden ist.

Tabelle 6.2: Probenbehälter, Konservierung und Haltbarkeit von Bodenproben (nach Barth & Mason, aus /1/)

Parameter	Probenbehälter	Konservierung	Haltbarkeit
Pflanzennährstoffe (außer N)	Papier, PE ¹ -Beutel	kühlen / trocknen ²	6 Monate / unbegrenzt
KAK	Papier, PE	kühlen / trocknen	6 Monate / unbegrenzt
Kohlenstoff, Phosphat, Oxide	Papier, PE	kühlen / trocknen	6 Monate / unbegrenzt
Korngröße	Papier, PE	--	unbegrenzt
pF, Kf, Ku, Rohdichte	Stechringe	kühlen	3 Monate
Acidität	Papier, PE	kühlen / trocknen	6 Monate / 6 Monate
Ammonium-N	Papier, PE	kühlen	8 Tage
Nitrat	Papier, PE	kühlen	8 Tage
Nitrit	Papier, PE	kühlen	8 Tage
Sulfid	Papier, PE	kühlen	4 Tage
Quecksilber	Papier, PE	kühlen / trocknen	8 Tage / 28 Tage
weitere Metalle	Papier, PE	kühlen / trocknen (40°C ³ , 105°C)	8 Tage / unbegrenzt
organischer Kohlenstoff	Papier, PE	kühlen / trocknen	6 Monate / unbegrenzt
Öl, Schmierstoffe	Glas	kühlen	7 Tage bis zur Extr., dann 6 Monate
extrahierbare organische Stoffe ⁴	Glas, Teflon besch.	kühlen	7 Tage bis zur Extr., dann 1 - 6 Monate (je nach Substanz)
flüchtige organische Stoffe ⁵	Spezialgefäß	kühlen	14 Tage
reaktive organische Stoffe ⁶	Glas, Teflon besch.	kühlen	3 Tage
Phenole	Glas, PE	kühlen	7 Tage bis zur Extr., dann 30 Tage

¹ PE = Polyethylen² Lufttrockene Proben: Trocknen an der Luft oder im Umluftofen bei max. 40°C³ nach AbfKlärV (1992): Trocknen bis max. 40°C⁴ Phthalate, Nitrosamine, Chlorpestizide, PCB, NH-Organika, aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Dioxine, Furane⁵ Halogenkohlenwasserstoffe⁶ Acrolein, Acryl

7. Bodenprobennahme nach „VwV Bodenproben“

Die „Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probennahme und -aufbereitung“ vom 24. August 1993 regelt die einzelfallbezogene Entnahme von Bodenproben und deren Aufbereitung zur Untersuchung insbesondere auf anorganische und organische Schadstoffe. Diese Vorschrift ist im Rahmen der Altlastenbearbeitung anzuwenden, sofern Belange des Bodenschutzes betroffen sind bzw. eine mögliche Gefährdung der Schutzgüter Menschen und Pflanzen über den Transferpfad Boden erkundet werden soll. Die schutzgutbezogenen Untersuchungen beinhalten die Ermittlung der Beeinträchtigung von Menschen, von Pflanzen, von Bodenorganismen oder von (Boden-) Wasser. Dabei sind die jeweiligen Nutzungen des Bodens zu berücksichtigen.

Die einzelnen Bestimmungen der **Verwaltungsvorschrift** geben Anweisungen:

zur Durchführung der Probennahme	(2.1.1)
zum Probennahmegerät	(2.1.2)
zur Probenmenge (je nach Untersuchungsumfang bis zu 2 kg Feinboden)	(2.1.3)
zur Abgrenzung der Probennahmeflächen (abhängig vom Schadstoff, der Bodenart und der Nutzung)	(2.2)
zur Anzahl der Probennahmepunkte (Mischproben, Einzelproben)	(2.3)
zu den Probennahmetiefen (abhängig von den Nutzungen und dem möglicherweise betroffenen Schutzgut)	(2.4)
zu den begleitenden Erhebungen (Bestimmung der Bodenartengruppen, des Humusgehaltes u.ä., genaue Lagebeschreibung)	(2.5)
zur Aufbereitung und Lagerung von Bodenproben	(2.6 und 2.7)

8. Entsorgung

Für die Untersuchungen nicht benötigtes Bohrgut oder ausgehobener Boden ist laut §3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) Abfall, der nicht wiederverfüllt werden darf, da die entnommenen Proben durch die Entnahme aus dem Bodengefüge zu beweglichen Sachen werden, welche das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigen können (§10 Abs.4). Dies gilt zumindest so lange bis durch die analytische Untersuchung genauere Kenntnisse über Art und Menge der enthaltenen Schadstoffe vorliegen. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall den Wiedereinbau nach § 27 Abs.2 KrW-/AbfG zulassen, wenn dadurch das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Die Ausnahmegenehmigung wird formlos beim zuständigen Regierungspräsidium beantragt (Beschreibung der Maßnahme und Vorlage der Beprobungsergebnisse).

Bereits bei der Beauftragung des Bohrunternehmers sollten Vorgaben zum eventuellen Entsorgungsweg für das anfallende Bohrgut gemacht werden. Für die Planung einer effektiven und kostengünstigen Entsorgung sind bereits **vor Beginn** der Maßnahmen auf altlastverdächtigen Flächen sorgfältige und umfassende Recherchen über die ggf. zu erwartende Schadstoffbelastung durchzuführen. Bei der Entsorgungsplanung sollte vorsorglich **der ungünstigste Fall** angenommen und abgeklärt werden.

Kontaminiertes Bohrgut ist in **Sicherheitsbehältern** (Fässer mit Spannring bzw. abschließbare Container) auf der Fläche zum Abtransport bereitzustellen. Die Behälter mit dem Bohrgut sind sicher zu verwahren (Bauzaun, Baucontainer o.ä.). Die Zwischenlagerung von Abfällen ist bis zu einer Dauer von 12 Monaten nicht genehmigungspflichtig (§ 1 BImSchV).

Da es sich bei einem Transport von zu entsorgendem kontaminierten Bohrgut um einen Abfalltransport handelt, ist hierfür ein **Entsorgungsnachweis** zu erstellen und ein Abfallbegleitscheinverfahren durchzuführen.

Der Transport von Boden- oder Altmüllproben ins Labor unterliegt nicht den abfallrechtlichen Beförderungsbestimmungen, da bis zum Abschluß der Analytik kein Abfall im Sinne des Abfallgesetzes gegeben ist.

Nicht mehr benötigte **Laborproben** sind stets ordnungsgemäß zu entsorgen. Eine Vermischung von hochbelasteten mit weniger belasteten Proben ist hierbei zu unterlassen. Hierzu ist es zweckmäßig bereits im Labor eine Trennung verschieden stark belasteter Proben vorzunehmen. Die Entsorgungskosten sind bereits bei der Angebotsabgabe zu berücksichtigen.

Weitere Hinweise zur Entsorgung bzw. Wiederverfüllung enthält das **Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle / Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 18: „Genehmigungserfordernisse bei der Altlastenbearbeitung“ - Leitfaden Recht - /23/**

9. Dokumentation

Wesentliche Voraussetzung für die **Qualitätssicherung** bei der Probennahme ist eine präzise und umfassende **Dokumentation**. Hierzu gehören ebenso die Beschreibung der **Aufgabenstellung** und der **Untersuchungsstrategie** wie die **Standortbeschreibung** (Stammdaten), die **Schichten- oder Profilbeschreibung**, das **Probennahmeprotokoll** und die **fotografische Dokumentation** sowohl der Probennahmestellen als auch des Probenmaterials.

Die **Dokumentation der Aufgabenstellung** und der Strategie zur Auswahl der Probennahmepunkte umfaßt die exakte Festlegung des Untersuchungszwecks und der Fragestellung, die Vorgaben der Sicherheitsmaßnahmen, die Benennung der verantwortlichen Personen und die anzuwendenden Verfahren. Sie beschreibt die Gründe für die Auswahl der Parameter, der Probennahmetechnik und -geräte ebenso wie die Festlegung der Anzahl und der Lage der Entnahmepunkte und die Regeln zur Entnahme von Einzel- oder Mischproben. Die Dokumentation der Aufgabenstellung hat bei der Probennahme vor Ort vorzuliegen. Sie enthält auch die Festlegung der Vorortmessungen, des Materials und der Größe der Probennahmegefäße (abhängig von Parameter(n) und erforderlichen Probenmengen), der Transport- und Lagerbedingungen und des maximalen Zeitabstandes zwischen Probennahme und Laboruntersuchung.

Zur **Vorortdokumentation** gehört außer dem Probennahmeprotokoll eine Skizze der Untersuchungsfläche, das genaue Einmessen der Entnahmestellen sowie deren Darstellung in einem Lageplan, eine vollständige Probenbeschreibung mit fotografischer Dokumentation, die Angabe der Selektionskriterien für die Proben sowie die Beschreibung aller Arbeitsschritte (Entnahme, Verpackung, Transport) und Besonderheiten bzw. Abweichungen von den Probenahmerichtlinien.

Die ausführliche und genaue Dokumentation der Probennahmebedingungen ist Voraussetzung sowohl für die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit als auch für die Interpretation der Ergebnisse einer Bodenuntersuchung.

9.1 Standortbeschreibung

Zur **Standortbeschreibung** sind folgende Angaben erforderlich:

- Projektname / Projekt-(Auftrags-)Nummer
- Name der altlastverdächtigen Fläche (Objektnummer des Altlastenkatasters)
- Name des Büros / Name des Bearbeiters
- Untersuchungsanlaß / Aufgabenstellung
- TK-Nummer / Flurkarten-, Flurnummer
- Rechtswert / Hochwert
- Höhe ü.NN
- Nutzungsart / Standortgeschichte
- Vegetation
- geologischer Untergrund

- anthropogene Veränderungen / Standortverhältnisse
- Kontaminationsquellen / vermutete Schadstoffe
- Lageplan

Ein Beispiel für ein Formular zur Standortbeschreibung ist auf Seite 39 abgedruckt.

Standortbeschreibung

Standort / Projekt:		Projektnummer:	
Büro:		Bearbeiter:	
Altlastverd.Fläche:		Objekt-Nr.:	
LKR/Gemeinde:		Straße/Flurstück:	
Untersuchungsanlaß:		TK-/Flurkarten-Nr.:	
Rechtswert:	Hochwert:	Höhe ü.NN:	
Nutzungsart(en):		von:	bis:
		von:	bis:
		von:	bis:
		von:	bis:
Vegetation:			
Geologischer Untergrund:			
Anthropogene Veränderungen:			
Kontaminationsquellen:			
Vermutete Schadstoffe:			
Sonstige Beobachtungen / Bemerkungen :			

Lageplan / Skizze

--

9.2 Schichten- oder Profilbeschreibung

Die **Schichten- oder Profilbeschreibung** muß folgende Angaben enthalten:

- Aufschluß-/ Profil-Nummer
- Lage (R-/H-Wert, Höhe ü.NN.)
- Bohrfirma /Ausführender
- Datum / Witterung
- Aufschlußverfahren
- Bohrdurchmesser
- Aufschlußtiefe
- Bohrprotokoll
- Benennung und Beschreibung der Schichten / Kernverluste
- Art und Zusammensetzung der einzelnen Komponenten einer Schicht
- Feuchtezustand / Schichtwasserzutritte
- Bodentyp / Bodenform
- Konsistenz / Festigkeit
- Korngrößen
- Skelettanteil
- Humusgehalt
- bodenfremde Anteile
- Farbe, Geruch, organoleptische Auffälligkeiten

Ein Beispiel für ein Formular zur Profilbeschreibung ist auf Seite 42 abgedruckt.

Profilbeschreibung

Standort / Projekt:		Aufschuß-Nr.:	Rechtswert:		Hochwert:	Höhe ü.NN:			
Datum:		Bohrfirma:			Ausführender:				
Aufschußverfahren:		Bohrdurchmesser:	mm	Endteufe:	m	Witterung:			
Bohrprotokoll:									
<u>Schichtenbeschreibung</u>									
Nr.	von: bis:	Bodenart Komponenten	Farbe	Geruch	Konsistenz	Korngrößen	Humusgehalt	Skelettgehalt	Feuchte
Sonstige Beobachtungen / Bemerkungen (z.B. bodenfremde Arteile, Kernverluste o.ä.):									

9.3 Probennahmeprotokoll

Eine genaue Protokollierung der Probennahme ist gemäß den Vorgaben des Probennahmeprotokolls vorzunehmen. Insbesondere sind alle Ergebnisse der organoleptischen Prüfung festzuhalten. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Probenkennzeichnung mit den Angaben im Probennahmeprotokoll übereinstimmt.

Die exakte Lage der Probennahmepunkte muß vor Ort eingemessen und im Lageplan kartiert werden. Im allgemeinen ist eine Dezimeter-Genauigkeit ausreichend.

Eine Mehrfertigung des Protokolls ist Bestandteil des Gutachtens.

Folgende Informationen sind für eine vollständige Dokumentation notwendig:

- Probennummer
- Probenart (Einzel- / Mischprobe)
- bei Mischproben: Anzahl der Einzelproben, Art der Homogenisierung und Teilung
- Datum und Uhrzeit der Entnahme
- Probennehmer
- Wetter, Lufttemperatur
- Entnahmegesetz / Entnahmemethode
- Entnahmetiefe (von - bis)
- Entnahmemenge
- Bodenart
- Farbe, Geruch
- Konsistenz
- Stein- / Humusgehalt
- ggf. Art und Anteil an nicht beprobtem Überkorn
- Feuchtezustand
- bodenfremde (anthropogene) Anteile
- Auffälligkeiten (vermutete Schadstoffe)
- Vorbehandlung der Probe vor Ort
- Vergleichs- oder Rückstellproben
- Probengefäße / Kühlung
- Transportbedingungen (Licht, Temperatur, Dauer)
- Übergabe an das Labor (Zeit, Bearbeiter)
- Lageplan mit Probennahmestellen

Unter Umständen kann eine eindeutige und lückenlose Dokumentation des **Probentransportes** notwendig sein. Nur dann ist gewährleistet, daß sämtliche Faktoren, die eine Probe durch den Transport beeinflussen könnten, nachvollziehbar sind. Zur eindeutigen Dokumentation des Probentransportes ist die Erfassung folgender Daten notwendig:

- Probentransporteur: Firma, Name des Mitarbeiters
- Transportfahrzeug
- Bedingungen des Transports: Datum, Zeit (von: - bis: -), Kühlung, Temperatur (Min. / Max.), Temperaturkonstanz, Lichtzutritt
- Probenübergabe:
am Ort der Probennahme: Zeitpunkt, von: - an: -
im Labor: Zeitpunkt, von: - an: -

10. Qualitätssicherung

10.1 Ziel, Notwendigkeit und Voraussetzungen

Die Qualität umweltanalytischer Untersuchungen hängt von der Qualität jedes einzelnen Schrittes in der Gesamtuntersuchung ab, von der Planung, der Probennahme, der Probenbehandlung, der chemischen Analyse bis hin zur Auswertung und Interpretation der Analysenergebnisse. Die **Qualitätssicherung** ist ein Sammelbegriff für alle Maßnahmen, die geeignet sind, um hohe Qualität von Untersuchungsbefunden zu ermöglichen. Die Probennahme im Feld und die Probenbehandlung sind als besonders kritische Arbeitsschritte für die Qualität der Ergebnisse zu sehen. Fehler, die hierbei gemacht werden, sind grundsätzlich anschließend nicht mehr korrigierbar und machen jede Anstrengung zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle im Labor zunichte.

Das **Ziel** der Qualitätssicherung ist die Sicherstellung richtiger und reproduzierbarer Untersuchungsergebnisse. Dazu gehört

- die Sicherung der Probenrepräsentativität
- die Vermeidung von Kontaminationen und unerwünschten Veränderungen der Proben bei der Probennahme, Probenbehandlung und Probenvorbereitung
- eine definierte Reproduzierbarkeit und Präzision (Probennahme und Analytik) sowie Nachvollziehbarkeit (Dokumentation, Planung, Auswertung) aller Arbeiten
- ein einheitliches Qualitätsniveau, um die Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse zu gewährleisten

Die Forderung nach Repräsentativität ist im Medium Boden wegen der **Heterogenität** besonders problematisch. Da die erreichbare Repräsentativität nicht nur vom Medium sondern auch vom Schadstoff abhängig ist, sind vor der Probennahme Vorinformationen (z.B. aus der Historischen Erkundung) sowohl über die Zusammensetzung des Untergrundes als auch über die Schadstoffeigenschaften erforderlich.

10.2 Einflüsse auf die Probenqualität, Fehlerquellen

Im folgenden werden nochmals wesentliche Punkte, die während des Gesamtvorganges „Probennahme“ von der Planung bis zur Durchführung zu beachten sind, aufgeführt und auf mögliche Fehlerquellen hingewiesen. Auch wenn dabei Punkte genannt werden, die für den Probennehmer selbst weniger von Belang sind, soll damit nochmals die Qualitätssicherung innerhalb des Gesamtvorgangs verdeutlicht werden.

Bei der Durchführung jedes einzelnen Arbeitsschrittes zur Gewinnung von Feststoffproben entstehen gewisse Einflüsse auf die Qualität der Untersuchungsergebnisse:

Die **Lage der Bohrungen** hat Einfluß auf:

- das sich ergebende Modell des Untergrundes
- das Bild der Schadstoffverteilung
- die Bewertung des Schadens

Das **Bohrverfahren** hat Einfluß auf:

- die Qualität der Bodenansprache, Güteklasse nach DIN
- die ermittelbaren Schadstoffgehalte
- die Erkennbarkeit des Schadensbildes (Verschleppung, Verdichtung)

Die **Art der Entnahme** und die **Art der Gefäße** haben Einfluß auf:

- die ermittelbaren Schadstoffgehalte (Mehr- oder Minderbefunde)
- die Verwendbarkeit von Rückstellproben
- die Sekundärverluste nach Entnahme
- das sich ergebende Schadensbild

Die **Probenaufbereitung** hat Einfluß auf:

- die ermittelbaren Schadstoffgehalte (Mehr- oder Minderbefunde)
- die feststellbare Schadstoffverteilung
- die Aussageschärfe

Zur **Vermeidung von Fehlern**, welche zu Qualitätsverlusten führen können, sind folgende Hinweise von besonderer Bedeutung:

Bei der **Sammlung von Informationen** über die Altlast oder den Schadensfall ist

- eine sorgfältige Quellenauswertung (Historische Erkundung)
- eine umfassende Situationsbeschreibung,
- und eine ausreichende Anwendung und Auswertung des vorhandenen Kartenmaterials

vorzunehmen.

Bei der Planung der **Probennahmestrategie** kommt es auf

- die eindeutige Definition der Erkundungsziele,
- das konkrete einzelfallorientierte Vorgehen,
- und die korrekten statistischen Grundlagen bei Rastern

an.

Die Auswahl des **Aufschlußverfahrens** und des richtigen **Probengefäßes** hat

- nach Untergrund bzw. Bodentyp,
- nach Schadstoffart,
- nach Probenmengen
- sowie nach Abstimmung mit dem Analytiklabor

zu erfolgen.

Wichtig **im Gelände** ist

- der Einsatz von qualifiziertem Personal,
- die umfassende Beschreibung der geologischen, hydrogeologischen und tektonischen Verhältnisse am Probennahmeort,
- die Beschreibung der Durchführung der Probenentnahme,
- die Beschreibung der verwendeten Probennahmegeräte und Probengefäße.

Bei der **Entnahme der Probe** aus dem Aufschlußgerät ist besonders auf

- Sauberkeit der Entnahmewerkzeuge,
- einheitliches Vorgehen nach Arbeitsvorschrift
- und das vollständige Ausfüllen der Probennahmeprotokolle

zu achten.

Der **Transport** und die **Lagerung** der Proben muß

- parameterspezifisch,
- gekühlt,
- dunkel
- und so schnell wie möglich

durchgeführt werden.

Bezüglich der **Schnittstelle zum Labor** (Probenvorbereitung) ist

- die exakte Definition der Aufgabenverteilung
- und die Absprache sinnvoller Aufbereitungsschritte

wichtig.

Bei der **Dokumentation** kommt es vor allem auf

- Vollständigkeit,
- Nachvollziehbarkeit von Vor-Ort-Entscheidungen
- und Plausibilitätskontrollen

an.

Manche Fehlerquellen lassen sich nur begrenzt ausschalten und spielen daher bei der Bewertung eine zentrale Rolle. Alle Daten und Sachverhalte aus Planung und Durchführung müssen daher dokumentiert und bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse berücksichtigt werden. Methodisch und strategisch bedingte Probleme und Ungenauigkeiten fließen mit in die Auswertung der Ergebnisse ein. Letztlich sollte dadurch eine realistische Einschätzung der Unschärfe der getroffenen Aussagen bezüglich der Schadstoffgehalte und -verteilungen möglich sein. Diese Unschärfen hängen natürlich vom Aufwand der Erkundung ab und müssen bei der Beurteilung berücksichtigt werden.

10.3 Planung und praktische Möglichkeiten der Qualitätssicherung

Eine Kontrolle der Probenqualität ist möglich durch:

- Sorgfalt bei der Planung und Vorbereitung der Probennahme, z.B. durch rechtzeitige Prüfung der Vollständigkeit und Sauberkeit der Ausrüstung (s.folg.Checklisten)
- Konkrete Arbeitsanweisungen; allerdings ist die Standardisierung der praktischen Entnahme nur mit Einschränkungen möglich, da die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Böden und der diversen Schadstoffe in diesen Böden zu flexiblen Vorgehensweisen zwingen.
- stichprobenartige Kontrollen der Präzision und Sauberkeit bei der Durchführung vor Ort
- Blindwertproben, Eigenkontrollen
- Prüfung der Dokumentation auf Vollständigkeit und Plausibilität
- Berücksichtigung der einzelfallspezifischen Gegebenheiten bei der Auswertung und Interpretation

CHECKLISTE ZUR AUSRÜSTUNG

Arbeitsprogramm

Lageplan mit Zufahrt zum Untersuchungsgebiet
Lageplan der Meßstellen
Anweisungen zur Probennahme und -strategie (Arbeitsprogramm)
Vorbereitete Bezeichnung der Proben
Adressen, Telefonnummern der zuständigen Ansprechpartner

Bohrausrüstung

Brennkrafthammer, Rammsondiergerät, Hammer - je nach Erfordernis -
Ziehgerät
Bohrgestänge, Ersatzgestänge
Spaten, Pickel, Schaufel

Verschließen der Bohrlöcher

Quellton (Granulat oder Mörtel)

Probenentnahme und -gefäße

Probenstecher, vorbereitete Einwegspritzen (ohne Kanüle und Boden), Spatel
Probenbehältnisse (Beutel, Gläser)
Alufolie (zum Einlegen in beschichtete Schraubdeckel)
Zange zum Verschließen von Headspace-Röhrchen
Spachtel, Kelle, Schippe
Probenmischgerät (Rührgerät und Mischgefäß)
Einmalhandschuhe
Probentransportgefäß (Kühlbox, Kühlakku)

Feldmeßgeräte

Lichtlot
Winkelprisma
Nivelliergerät
Meßband
Fluchtstangen
Vor-Ort-Analytik-Geräte

Markier- und Beschriftungsmittel, Fotodokumentation

Pflöcke
Farbsprühdosen
Markierstifte
Schreibzeug, Zeichenunterlage
Formblätter für Probennahmeprotokoll, Bohrschichtenverzeichnis
Fotoapparat mit Makroobjektiv, Sofortbildkamera, Filmmaterial, Farbkarte

Reinigungsgeräte

Reinigungsmittel, Handwaschmittel, Reinigungstücher
Frischwasser
Hochdruckreiniger
Auffangbehälter für kontaminiertes Wasser, übriges Bohrgut

Arbeitsschutzausrüstung

Körperschutz (Schutzanzug)
Handschutz
Fußschutz (Sicherheitsschuhe)
Kopfschutz (Schutzhelm)
Erste-Hilfe-Ausrüstung
Atemschutz (Halb- bzw. Vollmaske, Filter...)
Warngeräte vor gefährlichen Gasen (Personenschutzgerät)
Gehörschutz (bei lärmintensiven Arbeitsgeräten)

Sonstiges

Motorsense
Werkzeug
Reservetreibstoff
Sprechfunkgeräte
Handy, falls nicht Mobiltelefon im Fahrzeug

CHECKLISTE ZUR QUALITÄTSSICHERUNG

- Qualifikation des Personals ausreichend?
für den Einzelfall instruiert?
- Gerätetechnische Ausstattung:
den Erfordernissen angepaßt?
vollständig?
technisch o.k.?
sauber?
- Strategie:
den Erfordernissen angepaßt?
nachvollziehbar?
mit allen Beteiligten abgestimmt?
Ortsbegehung erfolgt?
Spartenabklärung / Kampfmittelbeseitigung erfolgt?
Entsorgung / Abwasserableitung geklärt?
Arbeitsschutzkonzept erstellt?
- Entnahme:
Absprachen mit dem Labor durchgeführt?
Lage der Probennahmepunkte gemäß Arbeitsprogramm?
Entnahmetechnik auf Bodenart und Schadstoffe abgestimmt?
sauber?
schichtspezifisch?
richtige Gefäße und Dichtungen?
gekühlter Transport?
Mischprobenherstellung o.k.?
Kontrollen?
- Dokumentation:
Feldprotokolle vollständig geführt?
Entnahme ausreichend beschrieben?
Gefäßart, Gefäße beschriftet?

Transport, Lagerung dokumentiert?
Probenkonservierung?
Analyseverfahren?
Auswertungsverfahren?
Kontrollen?

Im folgenden wird ein **Vorschlag zum Aufbau eines Qualitätssicherungs-Konzeptes** beschrieben. Dieses beinhaltet die Entwicklung (Phase 1) und die Umsetzung (Phase 2) der Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Phase 1: Entwicklung einer Qualitätssicherung:

Die Planung einer Qualitätssicherung erfolgt in drei Stufen:

1. Bestandsaufnahme zum Stand der Qualitätssicherung:

Die Bestandsaufnahme ist eine Zusammenstellung aller bisherigen Arbeitsabläufe und -Methoden, die vollständige und detaillierte Beschreibung der Praxis und enthält auch eine Abschätzung der Ist-Fehlergrößen sowie der möglichen Hauptfehlerquellen.

2. Festlegung von Qualitätsstandards bezüglich Präzision und Dokumentation:

In dieser Stufe werden objektive Anforderungen an die Genauigkeit, z.B. aufgrund von Prüferten, festgelegt, sowie die Mindestanforderungen an die Genauigkeit aufgrund der Bestandsaufnahme formuliert. Ebenso wird das Qualitätsniveau der Dokumentation beschrieben.

3. Ausarbeitung eines Kataloges mit Beschreibungen aller Arbeitsschritte, angewandter Methoden und zukünftig umzusetzenden Qualitätssicherungsmaßnahmen:

- Für die Vorplanung sind die Ziele, die Methodenwahl und notwendige Genauigkeiten zu beschreiben und ggf. zu begründen.
- Zur Vorbereitung für jede Probennahme ist die notwendige Ausrüstung und ihre Prüfung festzulegen sowie Art und Umfang der Informationsübergabe von den Planenden an die Ausführenden (z.B. Checkliste, Gerätebuch).
- Für die Durchführung der Probennahme ist die Entnahme im Detail zu beschreiben, für Entscheidungen vor Ort, wie z.B. Probenauswahl, Gefäßgröße, Anpassung der Entnahme an den Bodentyp, sind eindeutige Entscheidungskriterien zu formulieren. Unter anderem sollte erreicht werden, daß aufgrund bestimmter Entscheidungskriterien bei gleichen Randbedingungen stets die gleiche Reaktion des Probennehmers erfolgt.
- Für jeden Parameter müssen die Konservierung und Transporthinweise festgelegt werden.
- Der genaue Umfang der Dokumentation im Feld, bei Übergaben und im Labor wird definiert.

Dieser Katalog sollte sich auf die Verfahrensschritte und methodischen Aspekte konzentrieren, die in der Praxis die größten Fehlerquellen darstellen. Dies ist durch einen sinnvollen Aufbau der Dokumentation wirkungsvoll zu unterstützen.

Phase 2: Einführung und praktische Durchführung der Qualitätssicherung:

Auch die Phase 2 erfolgt in drei Stufen:

1. Umsetzung des Konzeptes durch alle Beteiligten.

Die Arbeit an der Umsetzung des Konzeptes beginnt bereits mit der Zusammenarbeit aller Beteiligten an der Bestandsaufnahme. Neben der Organisation der Kenntnisnahme (Verbindlichkeit) spielen bei der Umsetzung der einzelnen Qualitätssicherungsmaßnahmen sinnvoll aufgebaute Checklisten und Formblätter eine große Rolle. Für die Durchführung der Qualitätssicherung ist auch eine klare Regelung von Zuständigkeiten für Planung, Ausführung und Kontrolle notwendig. Darüber hinaus sollte festgelegt werden, wer wann von wem über einzelne Maßnahmen zu informieren ist. Mangelnder Informationsfluß ist nicht selten für Einbußen an der Qualität einer Aussage verantwortlich. So ist z.B. die Vergleichbarkeit der Bedingungen einer Probennahme nur dann zu erreichen, wenn der Probennehmer bzw. der Einsatzleiter die Randbedingungen früherer Entnahmen kennt und beachtet.

2. Entwicklung und Einführung von effektiven und wirtschaftlichen Kontrollen:

Die Kontrollmöglichkeiten und -zuständigkeiten sind so aufzubauen, daß sie von dem Einzelnen nicht als Überwachung, sondern als konstruktive Hilfe empfunden werden. Hierfür müssen Umfang und Verantwortlichkeit für einzelne Kontrollschritte exakt festgelegt werden. Die wirksamste und allgemein am besten akzeptierte Form ist die Eigenkontrolle. Sie wird durch Checklisten und Formblätter für die Dokumentation unterstützt und überprüfbar gemacht. Der nächste Schritt nach einer Probennahmekampagne oder Meßserie ist eine Prüfung der Dokumentation auf Plausibilität und Vollständigkeit. Diese sollte zunächst der Ausführende selbst durchführen, die nächste Kontrollmöglichkeit liegt dann bei demjenigen, der die Daten auswertet oder sie in einen Datenpool übernimmt.

3. Abschließende Zwischenbilanz, nach der Einzelschritte noch anhand der praktischen Erfahrungen optimiert werden können

Nach der Einführung und Umsetzung der Qualitätssicherungsmaßnahmen sollte einige Zeit später eine Zwischenbilanz über den Erfolg und evtl. Schwierigkeiten gezogen werden. Hier sollte die praktische Erfahrung mit den erarbeiteten Methoden und die Effizienz der Qualitätssicherung diskutiert und kritisch bewertet werden. Zur Optimierung der Qualitätssicherung sollten die Ergebnisse der Zwischenbilanz durch eine Korrektur bzw. Anpassung der Maßnahmen umgesetzt werden.

11. Literaturverzeichnis

- /1/ Ad-hoc-AG Boden, Geologische Landesämter und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe:
Anleitung zur Entnahme von Bodenproben (Hannover, Entwurf 1996)
- /2/ Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU) :
Qualitätssicherung bei der Entnahme von Bodenproben im Rahmen von Altlastenuntersuchungen, (Entwurf 09.08.96)
- /3/ BMBF-Verbundvorhaben „Deponiekörper“ (Conrad, Kabbe, Lohoff):
Standardarbeitsvorschrift SAV 1: Probenahme von Feststoffen aus Altdeponien und Altablagerungen
- /4/ DIN 4021 (1990):
Baugrund; Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
- /5/ DIN 4022 (1981/1982/1987):
Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels
- /6/ DIN 4124 (1981):
Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- /7/ DIN 4840 (1989):
Arbeitsschutzhelme; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung
- /8/ DIN 18123 (1983):
Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung der Korngrößenverteilung
- /9/ DIN 19671:
*Erdbohrgeräte für den Landeskulturbau. Blatt 1: Rillenbohrer, Rohrbohrer.
Blatt 2: Gestänge, Flügelbohrer, Bohrschappe, Marschenlöffel, Spiralbohrer*
- /10/ DIN 19672:
Bodenentnahmegерäte für den Landeskulturbau. Blatt 1: Geräte zur Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung.
- /11/ DIN 58211 (1988):
Augenschutzgeräte; Schutzbrillen; Begriffe und sicherheitstechnische Anforderungen
- /12/ Freie Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz:
Merkblätter zur Qualitätssicherung, Merkblatt 6: Entnahme von Bodenproben bei Bohr- und Sondierarbeiten für die chemische Analytik (11/94)
- /13/ Hessische Landesanstalt für Umwelt:
*Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 2: Untersuchung altlastenverdächtiger Flächen
(Entwurf 1996)*
- /14/ Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA), Fachausschuß F2 „Probenahme“
Arbeitshilfe „Aufschlußverfahren zur Probengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten“ (Entwurf 25.4.1994)
- /15/ Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA), Seminar:
Qualitätsanforderungen an die Entnahme von Boden- und Grundwasserproben zur chemischen Untersuchung (2/96)

- /16/ Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA), Seminar:
Umweltchemie I (5/96)
- /17/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: LAGA-Mitteilungen 15
Informationsschrift Altablagerungen und Altlasten (1991)
- /18/ Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz:
Merkblatt ALEX 03: Probenahme von Boden und Deponat (Entwurf 7/95)
- /19/ Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz: *Informationsblatt 01:
Häufig angewandte Probengewinnungsverfahren für Boden / Deponat (Entwurf 7/95)*
- /20/ Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz:
Kapitel 2.3 Probenbehandlung (Dr.B.Scholz, Entwurf 4/96)
- /21/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Texte und Berichte 6/93:
Verfahrensempfehlungen für die Probenahme bei Altlasten (Boden, Abfall, Grund-, Sickerwasser, Bodenluft)
- /22/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Materialien zur Altlastenbearbeitung
Band 14:
„Arbeitsschutz bei der Erkundung von Altablagerungen“
- /23/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Materialien zur Altlastenbearbeitung
Band 18:
„Genehmigungserfordernisse bei der Altlastenbearbeitung - Leitfaden Recht - „
- /24/ Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen:
*Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten:
Kap.5, Abs.5.4: Grundlegende Hinweise zu Probenahme und Analytik (10/93)*
- /25/ Technische Akademie Esslingen , Lehrgang :
„Bodenprobenahme und Bodenkontaminationen mit anorganischen Schadstoffen“ (5/95)
- /26/ UTECH Berlin, 1995: Fachtagung 36
Probenahme aus Altlasten und Abfällen - Schwachstelle vor Analytik und Gutachten ?
- /27/ 2.Tagung des Arbeitskreises „Probenahme“ (Freiberg)
Probenahme und Datenanalyse zur Bewertung von Schüttgütern, Deponien und kontaminierten Böden (10/96)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Beprobungstiefen für unterschiedliche Wirkungspfade	5
Tabelle 4.1: Güteklassen für Bodenproben nach DIN 4021 (hinsichtlich bodenphysikalischer Beurteilung) und mögliche Aufschlußverfahren	8
Tabelle 4.2: Erforderliche Bohrgeräte-Durchmesser in Abhängigkeit vom Größtkorn nach DIN 4021 und erforderliche Probenlänge je kg Probe	9
Tabelle 4.3: Übersicht über die Aufschlußverfahren zur Probengewinnung	18
Tabelle 5.1: Zusammenhang zwischen maximaler Korngröße und Mindestprobenmenge	23
Tabelle 6.1: Auswahl der Gefäße für Feststoffproben nach Untersuchungsparameter	30
Tabelle 6.2: Probenbehälter, Konservierung und Haltbarkeit von Bodenproben.....	35

Indexverzeichnis

A

Aufschlußverfahren

Allgemeines	6, 17
Greiferbohrung	15
Großbohrungen	11
Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)	14
Handbohrungen	8
Hohlbohrschneckenbohrung	13
Kleinbohrungen	8
Kleinrammbohrungen	9
Rammkernbohrung	11
Rammrotations-Kernbohrung	11
Rotationsbohrungen	14
Rotations-Trockenkernbohrung	11
Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung) ..	14
Schürfe	15

B

Boden und Abfall Probennahme

allgemeine Vorgaben	1, 20
Allgemeines	6
Ansprache	18
Arbeitsschutz	5
Aufschlußverfahren	7, 17
Beprobungsintervalle	4
Beprobungstiefen	4
Bohrgeräte-Durchmesser	8
Bohrkerne	26
Checkliste zur Aufrüstung	48
Checkliste zur Qualitätssicherung	49
Dokumentation	37
Einzel- bzw. Stichproben	23
Entsorgung Probenmaterial	36
Fachpersonal	1
Greiferbohrung	15
Großbohrungen	11
Güteklassen für Bodenproben nach DIN 4021	7
Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)	14
Handbohrungen	8
Hohlbohrschneckenbohrung	13
Kleinbohrungen	8
Kleinrammbohrungen	9
leichtflüchtige Schadstoffe	27
Literatur	52
Misch- und Einzelproben	3
Mischprobe	24

Probenauswahl und -vorbereitung	23
Probengefäße	28, 34
Probenkonservierung	33
Probenlagerung	33
Probenmengen	21
Probennahmeprotokoll	41
Probennahmepunkte	2
Probenqualität, Fehlerquellen	44
Probenteilung / -Reduktion	25
Probentransport	33
Profilbeschreibung	18, 39
Qualitätssicherung	1, 44, 47
Rammkernbohrung	11
Rammrotations-Kernbohrung	11
Rasterbeprobung	3
Referenzproben	25
Rotationsbohrungen	14
Rotations-Trockenkernbohrung	11
Rückstellproben	24
Schichten- oder Profilbeschreibung	39
Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung) ..	14
Schürfe	15, 26
Sortierung	25
Standortbeschreibung	37
Zielsetzung und Problematik	0

Bodenprobennahme nach VwV

Bodenproben	35
-------------------	----

E

Einzelprobe	23
Entsorgung Probenmaterial	36

G

Greiferbohrung	15
Großbohrungen	11

H

Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)	14
Handbohrungen	8
Hohlbohrschneckenbohrung	13

K

Kleinbohrungen	8
Kleinrammbohrungen	9

L

Literatur

Boden und Abfall Probennahme	52
Probennahme Boden und Abfall	52

M

Mischprobe	23, 24
------------------	--------

P		leichtflüchtige Schadstoffe.....	27
Probengefäße	28, 34	Literatur.....	52
Probengewinnung		Misch- und Einzelproben.....	3
Allgemeines	6	Mischprobe	24
Greiferbohrung	15	Probenauswahl und -vorbereitung	23
Großbohrungen.....	11	Probengefäße.....	28, 34
Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)	14	Probenkonservierung	33
Handbohrungen	8	Probenlagerung	33
Hohlbohrschneckenbohrung	13	Probenmengen.....	21
Kleinbohrungen	8	Probennahmeprotokoll.....	41
Kleinrammbohrungen	9	Probennahmepunkte.....	2
Rammkernbohrung	11	Probenqualität, Fehlerquellen	44
Rammrotations-Kernbohrung	11	Probenteilung / -Reduktion	25
Rotationsbohrungen.....	14	Probentransport	33
Rotations-Trockenkernbohrung.....	11	Profilbeschreibung	18, 39
Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung) ..	14	Qualitätssicherung.....	1, 44, 47
Schürfe.....	15	Rammkernbohrung.....	11
Probenkonservierung	33	Rammrotations-Kernbohrung	11
Probenlagerung	33	Rasterbeprobung	3
Probenmengen		Referenzproben	25
Allgemeines	21	Rotationsbohrungen	14
bodenphysikalische Untersuchungen..	22	Rotations-Trockenkernbohrung	11
chemische Untersuchungen	22	Rückstellproben	24
Probennahme Boden und Abfall		Schichten- oder Profilbeschreibung	39
allgemeine Vorgaben	1, 20	Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung) ..	14
Allgemeines	6	Schürfe	15, 26
Ansprache	18	Sortierung.....	25
Arbeitsschutz	5	Standortbeschreibung.....	37
Aufschlußverfahren	7, 17	Zielsetzung und Problematik	0
Beprobungsintervalle	4	Probennahmeprotokoll.....	41
Beprobungstiefen.....	4	Probenqualität, Fehlerquellen	44
Bohrgeräte-Durchmesser	8	Probenteilung	25
Bohrkerne	26	Probentransport	33
Checkliste zur Aufrüstung	48	Profilbeschreibung	39
Checkliste zur Qualitätssicherung	49	R	
Dokumentation	37	Rammkernbohrung.....	11
Einzel- bzw. Stichproben.....	23	Rammrotations-Kernbohrung	11
Entsorgung Probenmaterial	36	Referenzproben	25
Fachpersonal	1	Rotationsbohrungen	14
Greiferbohrung	15	Rotations-Trockenkernbohrung	11
Großbohrungen.....	11	Rückstellproben	24
Güteklassen für Bodenproben nach DIN		S	
4021	7	Schichten- oder Profilbeschreibung	39
Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)	14	Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung)	14
Handbohrungen	8	Schürfe	
Hohlbohrschneckenbohrung	13	Allgemeines	15
Kleinbohrungen	8	Standortbeschreibung.....	37
Kleinrammbohrungen.....	9		