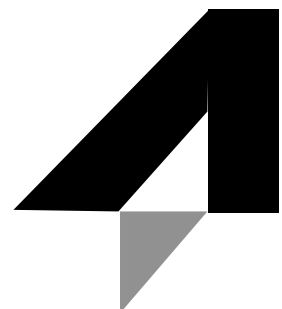


E N T W U R F

Die Gewinnung von ungestörten Bodenproben in Böden zur Verwendung in Elutionsanlagen



Herausgeber:

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (ITVA)

Pestalozzistraße 5 - 8

D-13187 Berlin

Tel.: 030/48 63 82 80

Fax: 030/48 63 87 46

e-mail: info@itv-altlasten.de

Erarbeitet durch den ITVA-Fachausschuss F 2 „Probenahme“.

Autoren dieser Arbeitshilfe:

Dr. Monika Baecker-Baumeister, Dr. Björn Bahrig, Dipl.-Geol. Klaus Bücherl, Dipl.-Min. Eckhart Hopf, Dipl.-Geol. Dieter Horchler, Dr. Norbert Klaas, Dr. Ulrich Marose, Dr. Rainer Scheibke, Dr. Josef Schmederer, Dr. Martin Schmid

Mitglieder und Gäste des Fachausschusses F 2:

Dr. Monika Baecker-Baumeister, Dr. Axel Baermann, Dr. Björn Bahrig, Dipl.-Geol. Klaus Bücherl (Obmann), Dr. Peter Götzelmann, Dipl.-Geol. Helmut Grell, Dipl.-Min. Eckhart Hopf, Dipl.-Geol. Dieter Horchler, Dr. Norbert Klaas, Dipl.-Geol. Annette Kolberg, Dipl.-Geol. Albert Losher, Dr. Ulrich Marose, Dr. Ulrike Meyer, Dipl.-Geol. Peter Neumann, E.W. Rasemann, Dr. Rainer Scheibke, Dr. Heike Schwandt, Dr. Josef Schmederer, Dr. Martin Schmid, Dipl.-Geol. Rainer Sommerkorn, Dipl.-Geol. Thorsten Spirgath

Inhalt

Vorbemerkungen	1
1 Kurzfassung	2
2 Einleitung	3
3 Die ungestörte Bodenprobenahme in Regelwerken	4
4 Kriterien für die Qualität ungestörter Bodenproben für Bodensäulenversuche	5
5 Anforderungen an Probenahmegeräte	7
5.1 Stechzylinder und Bodenzylinder	7
5.2 Weitere Geräte zur Entnahme von ungestörten Bodenproben	10
5.3 Anforderungen an das Material der Bodenzylinder und Probenahmegeräte	11
5.4 Besondere Werkstoffeigenschaften	12
5.5 Empfehlung dieser Arbeitshilfe	13
6 Entnahmetechnik	15
7 Vorbereitung der Probenahme	15
8 Feldarbeiten	17
8.1 Aufschlussverfahren	17
8.2 Bodenansprache	17
8.3 Anordnung der Probenahmepunkte	18
8.4 Sicherheitshinweise	19
8.5 Entnahme von Bodenzylindern	19
9 Literatur	23
9.1 Zitierte Schriften	23
9.2 Zitierte Normen	24
ANHANG	

Arbeitshilfe – F 2 - 2
Entwurf Juli 2004

Die Gewinnung von ungestörten Bodenproben in Böden zur Verwendung in Elutionsanlagen

Vorbemerkungen

Satzungsgemäß gehört die Erarbeitung von Regelwerken sowie Handlungsempfehlungen für das Fachgebiet "Altlasten" zu den Aufgaben des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V. (ITVA). Die vielfältigen Fragestellungen werden in den Fachausschüssen des Verbandes bearbeitet.

Die Arbeitshilfe liefert Hinweise zur praktischen Umsetzung der ungestörten Bodenprobenahme und beschreibt Anforderungen, die aus der Verwendung dieser Proben in Bodensäulenversuchen erwachsen. Dabei werden die bisher vorliegenden Hinweise aus Verfahrensvorschriften und Normen berücksichtigt und ergänzt.

Die vorliegende Fassung der Arbeitshilfe wurde durch den ITVA-Fachausschuss F 2 „Probenahme“ erarbeitet und vom Vorstand des ITVA zur Veröffentlichung als Entwurf freigegeben.

Stellungnahmen zum Entwurf dieser Arbeitshilfe sind bis zum **30. November 2004** zu richten an die Geschäftsstelle des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V. (ITVA), Pestalozzistraße 5 – 8, 13187 Berlin.

Der Entwurf der Arbeitshilfe wird nach Auswertung der eingegangenen Stellungnahmen vom ITVA-Fachausschuss F 2 abschließend bearbeitet und dem Vorstand des ITVA zur Verabschiedung vorgelegt. Spätestens im Jahr 2006 erfolgt die Überprüfung der Notwendigkeit einer Aktualisierung der Arbeitshilfe. Bei Bedarf erfolgt eine Fortschreibung. Die Anwendung

der Arbeitshilfe steht jedermann frei. Rechtliche Ansprüche aus der Anwendung ergeben sich nicht.

1 Kurzfassung

Nach der Definition der BBodSchV dient die Sickerwasserprognose der Abschätzung von Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser und ist damit unverzichtbarer Bestandteil einer Gefährdungsabschätzung beim Verdacht auf eine Grundwasserkontamination. Neben den in-situ-Untersuchungen oder der Übertragung von Erfahrungswerten können die erforderlichen Daten auch auf der Grundlage von Materialuntersuchungen an **ungestörten Bodenproben** im Labor durch Elutionsversuche abgeschätzt werden. Die Ungestörtheit bezieht sich dabei prinzipiell auf alle Eigenschaften, die für die Schadstoffmobilisierung und das Verhalten der Schadstoffe beim Transport relevant sind.

Diese Schadstoff-Transportparameter können jedoch in Folge der natürlichen Heterogenität eines Standortes auch zwischen ungestörten Proben variieren. Auf Grund der daraus abzuleitenden Forderung nach Paralleluntersuchungen entsteht der Anspruch, bereits bei der Probenahme Qualitätskriterien aufzustellen, die eine Reproduzierbarkeit der Probenahme ermöglichen.

Die vorliegende Arbeitshilfe liefert Hinweise zur praktischen Umsetzung der ungestörten Bodenprobenahme und beschreibt Anforderungen, die aus der Verwendung dieser Proben in Bodensäulenversuchen erwachsen. Dabei werden die bisher vorliegenden Hinweise aus Verfahrensvorschriften und Normen berücksichtigt und ergänzt.

Ausgehend von einer Übersicht der in verschiedenen bodenkundlichen Lehrbüchern sowie Verfahrensvorschriften und Normen formulierten Anforderungen an die Entnahme ungestörter Bodenproben werden in der vorliegenden Arbeitshilfe Kriterien für die Qualität ungestörter Bodenproben für Bodensäulenversuche beschrieben und die in der Fachliteratur vorhandenen Empfehlungen hinsichtlich der praktischen Anwendung ergänzt.

In vier Kapiteln werden die Anforderungen an die Probenahmegeräte, die Entnahmetechnik, die Vorbereitung der Probenahme und die Durchführung der Feldarbeiten konkretisiert. Ergänzend wird im Anhang ein Probenahmeprotokoll für die Bodenprobenahme in Stechzylindern vorgestellt.

Ungestörte Bodenproben werden auch für andere Bodenuntersuchungen im Labor benötigt (z.B. bodenmechanische Kenngrößen, Bodenlagerungsdichte, hydraulische Leitfähigkeit von Böden, Porenvolumen). Hinsichtlich der speziellen Anforderungen dieser Verfahren wird auf die in Kapitel 9 aufgeführte Literatur verwiesen.

2 Einleitung

Die Sickerwasserprognose dient nach der Definition der BBodSchV der Abschätzung von Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser und ist damit unverzichtbarer Bestandteil einer Gefährdungsabschätzung beim Verdacht auf eine Grundwasserkontamination. Neben den in-situ-Untersuchungen oder der Übertragung von Erfahrungswerten können die erforderlichen Daten auch auf der Grundlage von Materialuntersuchungen an ungestörten Bodenproben im Labor durch Elutionsversuche abgeschätzt werden. Insbesondere für organische Schadstoffe werden für die Elution oder Extraktion der Schadstoffe aus dem Boden Bodensäulenversuche empfohlen. Mit Elutionsversuchen wird der sogenannte Quellterm bestimmt, also die Konzentration eines Schadstoffes und die Rate der Mobilisierung. Für die Bewertung am Ort der Beurteilung – dem Übergang von der ungesättigten in die gesättigte Zone – ist außerdem die Bewertung der Sickerstrecke notwendig. Oftmals werden Modellvorstellungen für prozessorientierte Ansätze dieser Bewertung (Retardierung, Biotransformation) verwendet, für die wiederum stoff- und substratspezifische Parameter bestimmt werden müssen (Retardierungskoeffizient, Sorptionsparameter, Abbauterme). Auch für diese Parameterbestimmung können Säulenversuche eingesetzt werden.

Die Vorgänge bei der Quellstärkeermittlung und der Sickerung hängen sehr stark von den bodenhydraulischen Bedingungen ab. Deshalb liegt es nahe, die Versuche an so genannten „**ungestörten Bodenproben**“ durchzuführen. Die Ungestörtheit bezieht sich dabei prinzipiell auf alle Eigenschaften, die für die Schadstoffmobilisierung und das Verhalten der Schadstoffe beim Transport relevant sind. Dies gilt vor allem für die physikalischen Eigenschaften eines Bodens: Lagerungsdichte, Bodenaggregation, Porendurchgängigkeit, Porensysteme (z.B. in Bodenaggregaten und zwischen den Bodenaggregaten), Grenzflächen Porenraum/Festsubstanz und einige mehr.

Diese Schadstoff-Transportparameter können jedoch in Folge der natürlichen Heterogenität eines Standortes auch zwischen ungestörten Proben variieren. Auf Grund der daraus abzuleitenden Forderung nach Paralleluntersuchungen entsteht der Anspruch, bereits bei der

Probenahme Qualitätskriterien aufzustellen, die eine Reproduzierbarkeit der Probenahme ermöglichen.

Die vorliegende Arbeitshilfe liefert Hinweise zur praktischen Umsetzung der ungestörten Bodenprobenahme und beschreibt Anforderungen, die aus der Verwendung dieser Proben in Bodensäulenversuchen erwachsen. Dabei werden die bisher vorliegenden Hinweise aus Verfahrensvorschriften und Normen berücksichtigt und ergänzt.

Ungestörte Bodenproben werden auch für andere Bodenuntersuchungen im Labor benötigt (z.B. bodenmechanische Kenngrößen, Bodenlagerungsdichte, hydraulische Leitfähigkeit von Böden, Porenvolumen). Hinsichtlich der speziellen Anforderungen dieser Verfahren wird auf die in Kapitel 9 aufgeführte Literatur verwiesen.

Auf Grund der notwendigen grundlegenden Bodenansprache ist eine qualifizierte Probenahme nur von bodenkundlich geschultem Personal vorzunehmen.

3 Die ungestörte Bodenprobenahme in Regelwerken

Die ungestörte Probe nach DIN 19672, Teil 1 gilt als Sonderprobe der Güteklasse 1 nach DIN 4021, entsprechend der Klassifikation aus ITVA (1995).

Eine Bodenprobe der Güteklasse 1 wird in DIN 4021 (Tabelle 4) beschrieben als:

unverändert in Kornzusammensetzung, Wassergehalt, Dichte des feuchten Bodens, Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, Steifemodul und Scherfestigkeit.

Eine Qualitätsüberprüfung der Probenahme kann erfolgen, wenn diese Parameter entweder bekannt sind oder am Standort im Felde erhoben wurden. In der Praxis ist diese Qualitätsüberprüfung deshalb nur selten möglich.

E DIN ISO 10381-4 beschreibt Bodenproben in ungestörter Lagerung als Proben aus volumenproportionaler Probenahme, die mit einem Verfahren entnommen werden, welches das Bodengefüge erhält. Gestörte Bodenproben werden im Gegensatz dazu als Proben aus massenproportionaler Probenahme beschrieben, die keinen Anspruch auf Erhaltung des Bodengefüges haben. Als Anwendung werden hier allgemein physikalische Laboratoriumsuntersuchungen sowie besondere chemische und biologische Untersuchungen genannt. Weitere Qualitätskriterien sind nicht beschrieben.

Die Bodenkundliche Kartieranleitung – KA 4 - (1994) definiert eine ungestörte Probe oder eine Probe in natürlicher Lagerung als „eine Probe, die so sorgfältig aus dem Bodenverband gelöst wird, dass ihr Bodengefüge weitestgehend erhalten bleibt.“ Somit ist hier das Bodengefüge der Probe im Vergleich zum natürlichen Boden (z.B. in der Ansprache aus Profilgruben) als Qualitätsmaß nutzbar.

4 Kriterien für die Qualität ungestörter Bodenproben für Bodensäulenversuche

Welche Qualitätskriterien ungestörte Bodenproben für Bodensäulenversuche erfüllen müssen, hängt im Wesentlichen von dem Experimentdesign der Versuche¹ ab. Vornehmlich kann davon ausgegangen werden, dass Durchflusseexperimente mit Elutionsmitteln ausgeführt werden sollen. Somit kommt dem Porensystem die maßgebliche Bedeutung für die hydraulischen Transportvorgänge und den Grenzflächen für die Interaktion zwischen Eluent und stationären Phasen zu. Diese Systeme sollten soweit als möglich ungestört nach der Probenahme erhalten sein, um die Prozesse der Transportvorgänge am Standort möglichst realitätsnah im Labor nachbilden zu können.

Das Porensystem ist gekennzeichnet durch:

- Verteilung der Porengrößen
- Durchgängigkeit der Poren
- Verzweigungen der Poren
- Bodenstruktur

Hinweise zur Beschreibung von Art und Gestalt des Porensystems geben die Lehrbücher der Bodenkunde und Bodenphysik sowie die für die Feldpraxis entwickelten Anleitungen KA 4 (1994) und DVWK (1995). Zur Ableitung von Informationen über das Porensystem sind demnach folgende Feldansprachen nach KA4 in einem größeren Bodenaufschluss (z.B. Schurfgruben) notwendig:

¹ Zu Experimentdesigns für prozessorientierte Untersuchungen der Stoffverlagerung in Böden wird auf Totsche (2001) verwiesen

- Bodenart
- Gefügeansprache (Grundgefüge und Aggregatgefüge)
- Aggregatgrößen
- Verfestigungsgrad
- Hohlräume
- Lagerungsdichte
- Durchwurzelung
- Humusgehalt und Humusform
- Bodenfeuchtezustand

Die Ansprache nach den zitierten Anleitungen gewährleistet eine einheitliche Benennung und Verschlüsselung der im Felde ermittelten Eigenschaften.

Nach der Entnahme von ungestörten Proben in Bodenzylindern stehen meist nur noch die kreisrunden Flächen der Zylinderenden zur Beurteilung der Probe zur Verfügung, die den „abgeschnittenen“ Boden zeigen. In durchsichtigen Zylindern ist auch die Mantelfläche sichtbar. Die sichtbaren Eigenschaften des Bodens können im Felde mit dem natürlich gelagerten Boden derselben Tiefe verglichen werden (Profilgrube).

Folgende Merkmale sollten Beachtung finden und können dazu führen, dass die Probe verworfen werden muss:

- Gefügeveränderungen
- Verschmierungen
- Risse
- große Fehlstellen (Bodenaggregate, Steine)
- Wurzeln

- Singularitäten (z.B. übergroße Poren aus Bioturbation, anthropogene Einflüsse)
- Verdichtungserscheinungen gegenüber dem Originalboden
- Verkanten und erhöhter Eindringwiderstand beim Eintreiben des Zylinders

Es wird darauf hingewiesen, dass auch während der Experimente an Bodensäulen noch Proben verworfen werden können (z.B. Beschädigung beim Transport, Beobachtung von Randumläufigkeiten beim Tracerdurchbruch). Dies ist bei der Anzahl der im Feld gewonnenen Proben zu berücksichtigen.

5 Anforderungen an Probenahmegeräte

5.1 Stechzylinder und Bodenzylinder

Stechzylinder sind in der jeweiligen Normung eingeführte Geräte mit festgelegten Abmessungen zur Gewinnung von Bodenproben. Auf Grund der Anforderungen von unterschiedlichen Experimentier- oder Elutionsanlagen werden für die Gewinnung von Bodensäulen auch nicht genormte hohle zylindrische Formen - so genannte Bodenzylinder - eingesetzt, die oft aus handelsüblichen Rohrabschnitten gefertigt wurden.

Die Abmessungen der Bodenzylinder können hinsichtlich Durchmesser, Länge und Wandstärke variieren. Im Labor werden die Bodenproben in den Bodenzylindern am unteren und oberen Ende durch poröse Platten oder Filter begrenzt und sollen dicht an das Elutionssystem angeschlossen werden können. Dazu werden zumeist Fuß- und Kopfteile verwendet, die mit Dichtungen und Schlauchanschlüssen versehen sind (z.B. Totsche 2001). Insbesondere die Filter und Dichtungen erfordern passgenaue Zylindermaße.

Die Länge der Bodensäulen ist auch abhängig vom einzustellenden Transportregime bei den Elutionsversuchen. Im Folgenden werden einige Beschreibungen bzw. Vorschriften für Stechzylinderdimensionen aufgeführt:

DIN V 19736 und LUA NRW (2000):

Für Säulenversuche bei organischen Schadstoffen wird empfohlen:

Säulendurchmesser = 25 x mittlerer Korndurchmesser

Säulenlänge = 4 x Säulendurchmesser (> 100 mm)

Totsche (2003):

Für den Einsatz in Bodensäulenapparaturen werden folgende Empfehlungen gegeben:

Der Säulendurchmesser orientiert sich am größten Korn und soll mindestens das 10-fache des größten Kornes betragen. Die Säulenlänge soll 10-fach größer als der Durchmesser der Bodensäule bzw. 50-mal größer als die Dispersionslänge der typischen Struktureinheiten des Bodens sein. Diese Forderungen sollen ein homogenes Fließfeld in der Bodensäule gewährleisten und sollen sinnvolle Auswertungen und Berechnungen mit der Konvektions-Dispersions-Gleichung ermöglichen.

DIN 4021 und 19672, Blatt 1+ 2:

DIN 4021 wurde als Norm für den Aufschluss von Boden und Fels als Baugrund und Baustoff erstellt. DIN 19672 legt die Bodenentnahmegерäte für den Landeskulturbau fest. Stechzylinder mit Schneide tragen dabei die Bezeichnung Q1, ohne Schneide die Bezeichnung Q2.

	DIN 4021	DIN 19672 Q1	DIN 19672 Q2
Außendurchmesser	100 mm	60 mm	60 mm
Innendurchmesser	96 mm	56 mm	56 mm
Wandstärke	2 mm	2 mm	2 mm
Fasenwinkel bzw. Anspitzung von außen	75°	75°	
Spitzenbreite	0,2 mm	0 mm	
Länge		40,6 mm	40,6 mm

Außerdem gibt DIN 4012 vor:

Die Bodenproben sind mit Kunststoffkappen zu verschließen, die mit Klebeband zu fixieren und gegen Verdunstung zu schützen sind. In Tabelle 6 aus DIN 4012 ist ersichtlich, dass Güteklasse 1 nur mit Probenzylindern erreicht werden, die keine Querschnittsänderung der lichten Weite enthalten ($C_i = 0\%$) und die in bindigen und organischen Böden mit weicher oder steifer Konsistenz genommen wurden. Für bindige und organische Böden mit breiiger oder steifer Konsistenz werden Innendurchmesserhältnisse gemäß Bild 4 DIN 4021 von $C_i = 0,5\%$ bis 1% akzeptiert.

LABO/ALA (2000a):

Für ungestörte Proben wird auf DIN 4021 sowie die „üblichen“ Bodenzylinder zur Ermittlung bodenphysikalischer Parameter verwiesen, die in größerer Stückzahl mit laufenden Nummern und Transportkoffern erhältlich sind:

- Volumen = 100 cm^3
- Höhe ca. 5 cm

KA 4 (1994):

Empfohlen werden Stechzylinder aus Stahl mit angeschliffener Unterkante und einer Größe von mindestens 100 cm^3 ohne nähere Beschreibung.

Schlichting et al. (1995):

Es werden folgende Empfehlungen für Zylinder und Probenahme gegeben:

- möglichst dünnwandige Zylinder
- von außen geschärfte Unterkante
- nummerierte Edelstahlzylinder mit bekanntem Volumen
- wegen Wandreibungseffekten möglichst flach (höchstens 4 cm) und breit (mindestens Durchmesser 6 cm)

- innen mit Gleitmittel (z.B. Pflanzenöl) versehen

Hartge u. Horn (1992):

In dem Lehrbuch zur physikalischen Untersuchung von Böden werden Konventionen zur Abmessung von Bodenzylindern angegeben:

- Zur Ermittlung des Drucksetzungsverhaltens: Durchmesser = 5 x Höhe
- Für Wandstärken 2 mm soll der Durchmesser mindestens 80 mm betragen
- Zylinder mit Durchmesser < 40 mm sollen Wandstärken unter 1 mm besitzen

5.2 Weitere Geräte zur Entnahme von ungestörten Bodenproben

Linerproben (Kunststoffrohre in Rammsonden) erreichen selten die Qualität von Bodenzylindern, da sie eine höhere Randleibung und auf Grund der größeren Wandstärke des Bohrwerkzeuges eine stärkere Verdrängung des Bodens bewirken. Sie ermöglichen aber die Probenahme in größeren Tiefen, ohne umfangreiche Grabungsarbeiten ausführen zu müssen. Liner können prinzipiell in Elutionsanlagen eingebaut werden, wenn entsprechende Kopf- und Fußteile zum Anschluss an das Elutionssystem vorhanden sind. Hinweise auf die Qualität der Bodensäule können bei durchsichtigen Rohren an der Zylinderwand erhalten werden.

Bohrkerne aus maschinellen Trockenkernbohrungen mit größeren Durchmessern können geeignet sein, um Bodenzylinder aus dem Kerninneren zu gewinnen. Hier lassen sich noch größere Teufen erreichen als bei Schürfen oder Rammkernsondierungen. Da das Lösen der Bohrkerne aus der Bohrkronen oder der Schappe oft nur mit starken Schlägen auf das Bohrwerkzeug möglich ist, sollte die Gewinnung von Schlauchkernen erwogen werden, um die Störung der Proben zu minimieren. Die Bodenzylinder werden dann in den Bohrkern eingebracht und wie unten angegeben präpariert.

Als Verfahren für besonders locker gelagerte Böden werden auch Eingießverfahren (mittels Gips, Paraffin, Wachs, Harz) genannt (z.B. E DIN ISO 10381-4). Für die Untersuchung in Elutionsanlagen sind diese Verfahren wenig geeignet, da die Querschnittsfläche nicht konstant, das Bodenvolumen schwierig zu ermitteln und eine Abdichtung mit Anschluss an das

Elutionssystem kaum zu bewerkstelligen ist. Dies gilt auch für Gefrierverfahren in nassen oder wassergesättigten Böden, die zudem das Porensystem auf Grund der Volumenausdehnung des Wassers beim Gefrieren empfindlich stören können.

Rechteckige Stechrahmen (DIN ISO 10381-2) sind als Probenahmegeräte für Bodenelutionsanlagen ungeeignet, da die Stechrahmen bei der Probenahme leicht verkanten und kaum dicht in Elutionsanlagen einzubauen sind.

In Bohrungen sind Sonderproben der Güteklasse 1 nach DIN 4021 mit folgenden Entnahmegeschäften möglich:

- offenes Entnahmegeschäft mit Ventil, dünnwandig
- Kolbenentnahmegeschäft, dünnwandig

Diese Verfahren werden jedoch in der DIN 4021 als ungeeignet für Kies, Sand, unter Wasser, feste bindige Böden und Böden mit groben Einschlüssen bewertet.

5.3 Anforderungen an das Material der Bodenzylinder und Probenahmegeräte

Die Anforderungen an die Materialien für Bodenzylinder betreffen zum einen **mechanische Eigenschaften**:

- Festigkeit beim Eintreiben in den Boden
- Formstabilität (bzgl. der Abmessungen und der Abdichtung im Labor)
- mehrfache Benutzung, geringer Verschleiß beim Einbringen und Reinigen

zum anderen **chemisch-physikalische Eigenschaften**:

- evtl. Durchsichtigkeit
- Inertheit gegenüber Elutionsmitteln, Schadstoffen, Bodeninhaltsstoffen
- geringe Adsorptionswirkung hinsichtlich der zu untersuchenden Stoffe

- geringe Freisetzung der zu untersuchenden Stoffgruppen bzw. mit den zu untersuchenden Stoffen interagierender Substanzen (z.B. Lösungsvermittlung, Komplexbildung)
- gut zu reinigen

In der KA 4 (1994) wird empfohlen, bei der Analyse auf organische Stoffe kunststofffreie Geräte und bei der Analyse auf anorganische Stoffe gummi- und metallfreie Geräte zu verwenden.

5.4 Besondere Werkstoffeigenschaften

In dieser Arbeitshilfe werden folgende Werkstoffe empfohlen:

- Nichtrostende Edelstähle (nach DIN EN 10088-1): Chrom-Nickel und Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle
- Glaswerkstoffe nur bedingt, da beim Einbringen in den Boden Glasbruchgefahr besteht
- Kunststoffe: PTFE und andere gesättigte halogenierte und polymerisierte oder vernetzte Kohlenwasserstoffe, PMMA, HDPE, PVC, weitere Kunststoffe

Edelstähle

Aus mechanischen und chemischen Gründen wird oft Edelstahlbehältnissen der Vorzug vor solchen aus Glas oder Kunststoffen gegeben. So wird beispielsweise in der DIN 19672 der Edelstahl X12CrNi 18-8 empfohlen. Als gängiger günstiger schweißbarer Edelstahl ist kann Werkstoff-Nr. 1.4301 (X5CrNi18-10) verwendet werden. Bei höherer chemischer Beanspruchung, insbesondere auf Grund hoher Sulfid- und Chloridgehalte in den Kontaktlösungen, sollten höher legierte Stähle ausgewählt werden (z.B.: Werkstoff-Nr. 1.4571 oder 1.4439). Hinweise dazu sind Hirschfeld (1997) zu entnehmen. Bei Untersuchungen, die eine Analytik auf Spuren von Schwermetallen beinhalteten, sollten Kunststoffe als Werkstoffe erwogen werden.

Glaswerkstoffe

Glassäulen sind aus mechanischen Gründen nur beschränkt zur ungestörten Probenahme tauglich. Es kommt leicht zu Glasbruch oder Absplitterungen. Die Tauglichkeit des Bodens für eine Probenahme mit Glaszylindern ist zuvor zu prüfen. Feuchter Boden hat oft einen geringeren Eindringwiderstand.

Kunststoffe

Für Kunststoffe sind die Tabellenwerke bzgl. der Beständigkeit, verwendeter Zuschlagsstoffe und Adsorptionseigenschaften der Hersteller zu beachten. PTFE hat eine herausragende Inertheit und neigt kaum zur Adsorption ist aber relativ weich und daher mechanisch weniger stabil, es sind aber auch Edelstahlbehältnisse mit PTFE-Beschichtung erhältlich. PMMA ist durchsichtig, aber relativ spröde und bei dünnwandigen Zylindern bruchgefährdet. PMMA-Zylinder können mit Edelstahlschneiden ausgerüstet werden und sind dann weniger empfindlich gegenüber Störkörpern beim Einbringen in den Boden. Die Durchsichtigkeit von PMMA kann zur Qualitätsprüfung der Probe genutzt werden.

Andere Kunststoffe sind prinzipiell verwendbar. Evtl. sind mit dem Material Elutionsversuche oder Adsorptionsversuche mit der anzuwendenden Kombination der Elutionsmittel und zu analysierenden Stoffe auszuführen, um eine Tauglichkeit zu prüfen.

5.5 Empfehlung dieser Arbeitshilfe

Die in Elutionsanlagen benötigten Bodenzylinder sind von durchgehend konstantem kreisförmigem Durchmesser. Die Enden der Bodenzylinder sind zumeist eben, eventuell abgedreht und angefasst oder angeschliffen. Die Stirnflächen der Zylinder müssen nach der Probenahme bezüglich des Filters und der Einfassung abgedichtet werden können. Um die Stirnflächen zu schonen sollten passende Probenahmewerkzeuge vorhanden sein:

- Wechselschneiden zum Aufstecken (mit demselben Innendurchmesser und einem außen geschärften unteren Ende)
- Schlaghauben mit Hohlraum über dem Bodenzylinder (mit demselben Innendurchmesser)
- Führungszylinder

- Dreibein mit Führungszylinder für die Führung von Verlängerungen der Schlaghaube

Auf Grund der Handhabbarkeit und der Verfügbarkeit gängiger Filtergrößen (auch unterschiedlicher Materialien wie Edelstahlsinter, Glassinter oder poröse Kunststoffe) werden folgende Außendurchmesser der Zylinder empfohlen:

- 100 mm
- 50 mm

Die Bodenzylinder sollten möglichst dünnwandig sein. Gängige, handelsübliche Rohrstärken bei den verwendeten Materialien sind:

- Edelstahl 1 mm, 2 mm, 3 mm
- PMMA und andere Kunststoffe 5 mm

Die Durchmesser der Bodenzylinder richten sich nach den Erfordernissen der Apparaturen zur Laboruntersuchung. Die Länge der Bodenzylinder richtet sich nach den durchzuführenden Experimenten, insbesondere wenn ausreichende Dispersionslängen in der Bodensäule realisiert werden müssen können relativ lange Bodensäulen gefordert sein (Totsche 2003).

Längen bis zum 3-fachen Durchmesser sind für die Probenahme vorteilhaft, da die Randstörungen beim Einbringen in den Boden gering gehalten werden können und somit Störungen der Probe minimiert werden.

Die Verwendung von Gleitmitteln bei der Gewinnung von ungestörten Bodenproben, die für Stofftransportexperimente verwendet werden sollen, muss aus folgenden Gründen abgelehnt werden:

- Veränderung der Oberflächeneigenschaften der Zylinderwand und der mit Gleitmittel benetzten Kornoberflächen des Bodens
- Lösung der Bestandteile des Gleitmittels in der Bodenlösung
- Veränderung der Eigenschaften des Perkolates (Mitlösung, Kolloidbildung, Kolloidzerstörung)

- mögliche Störung der chemischen Analytik

6 Entnahmetechnik

Die Bodenzylinder sind so in den Boden einzubringen, dass Stauchungen, Verkantungen und Deformationen des Porensystems sowie der Bodenaggregate unterbleiben.

In DIN 19672 werden Schlaggeräte für das Eintreiben mit von Hand geführten Schlagwerkzeugen, Winden und Fallgewichten beschrieben.

- Schlaggerät L DIN 19672 (Führung des Bodenzylinders in einem Führungszylinder, Aufsetzen einer Aufsetzkappe mit Schaft und Anschlagansatz)
- Winde M1 und M2 DIN 19672 zur horizontalen Probenahme in Schurfgruben (Haltevorrichtung für den Bodenzylinder, Eindrücken des Bodenzylinders durch mechanische oder hydraulische Kraft mit der gegenüberliegenden Grubenwand als Widerlager)
- Dreibeingerät N DIN 19672 (verlängerte Führung des Schaftes auf Arbeitshöhe), Eintreiben des Bodenzylinders mit Spindel, Widerlager: Gewichte auf den Fußplatten des Dreibeins, z.B. Probenehmer
- Gerät P DIN 19672, Gerät mit Fangbohrer zum Einsatz in Bohrlöchern, Eindrücken des Bodenzylinders von Hand
- Entnahmeggerät V DIN 19672 für das Eindrücken von Stechzylindern in mineralstofffreie, faserige Moorböden

7 Vorbereitung der Probenahme

Die Probenahme ist gemäß der Aufgabenstellung vorzubereiten. Ausführungen zur Untersuchungsstrategie und Vorbereitung von Bodenprobenahmen sind in der Literatur zahlreich zu finden [Nothbaum et. al. (1994), Schlichting et. al. (1995), KA 4 (1994), LABO/ALA (2000b), LABO/ALA (2000°), SLFUG (1998), HLFU (1996), StMLU (1997), DIN ISO 10381-1, DIN ISO 10381-2, DIN ISO 10381-3, E DIN ISO 10381-4].

Besondere Beachtung verdienen folgende Punkte:

- Probenahmeplan – Berücksichtigung der Standortkenntnis (z.B. auch Grundwasserflurabstand, Aufschlussverfahren, Probenahmeverfahren, räumliche Verteilung der Proben, Anzahl der Proben)
- Probenschlüssel – Benennung der Proben, Benennung von Teilproben, Zuordnung zu Zylindernummern
- Probenbehandlung – Zuordnung der Proben zu Untersuchungs- und Analyseverfahren, Anforderung an die Konservierung und Vorbehandlung der Proben
- Probenahmeprotokolle und Protokolle zur Profilaufnahme [z.B. Anhang, DIN 19681, KA 4 1994, LABO/ALA 2000a, SLFUG (1998), StMLU (1997)]
- Packlisten – Feldexemplare der Literatur zur Bodenansprache (z.B. KA 4 1994, Munsell 1975), Entnahmegeräte und Stechzylinder, Grabwerkzeuge, Schlagwerkzeuge, Führungswerkzeuge, Spaten, Kelle, Messer, Schere, Kneifzange, Gartenschere, evtl. Gleitmittel (Gleitmittel ist jedoch für Proben von Stofftransportexperimenten abzulehnen s.o.), Wasser zum Befeuchten Absperrband, Baugrubensicherung, Vermessung (Kompass bei horizontalen Proben)
- Entnahmegeräte und Stechzylinder sauber und trocken vorhalten
- Taragewichte ermitteln (Achtung, wenn Deckel mit gewogen werden)
- Transportbehälter (Deckel, Schutz vor Erschütterung, Kühlung)
- Baufreiheit (Betretungserlaubnis, Zugänglichkeit, Schachterlaubnisscheine der Betreiber von erdgebundenen Leitungen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung)
- Sicherheit und Umweltschutz sind zu beachten (s. dazu DIN ISO 10381-2)
- Auf Grund der Schadstoffgehalte sind die Arbeiten evtl. als Arbeiten in kontaminierten Bereichen einzustufen. Dann ist gemäß BGR 128 ein Arbeits- und Sicherheitsplan zu erstellen und zu beachten. Vor Aufnahme der Arbeiten ist eine Betriebsanweisung gemäß BGR 128 zu erstellen und zu beachten.

8 Feldarbeiten

8.1 Aufschlussverfahren

Zur ungestörten Probengewinnung sind folgende Verfahren nach DIN ISO 10381-2 geeignet:

- Aushub von Hand
- Schlagbohrung mit Gestänge
- Seil mit Schlagschappe
- Hohlbohrschnecke
- Baggerschurf

Eine Übersicht zu den Aufschlussverfahren mit Bewertung für die Eignung zur Altlastenuntersuchung und der zu erreichenden Qualitätskriterien gibt auch die ITVA-Arbeitshilfe F 2 -1 „Aufschlussverfahren zur Probengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten“ (ITVA 1995).

8.2 Bodenansprache

Für die Auswertung von Bodensäulenversuchen sowie für die Bewertung der Ergebnisse von Elutionsversuchen ist eine möglichst umfangreiche Bodenansprache notwendig (Totsche 2003). Eine Ansprache nur nach den Anforderungen der DIN 4022 ist hierbei nicht ausreichend, da insbesondere das Porensystem, das Bodengefüge, Redoxmerkmale und Merkmale der Bodenbildungsprozesse dort nicht gefordert werden. In der BBodSchV Anhang 1 wird eine bodenkundliche Kartierung oder Bodenansprache nach der bodenkundlichen Kartieranleitung KA 4 (1994) am Ort der Probenahme gefordert.

Für die Feldansprache sollten folgende praxistaugliche „Literatur-Werkzeuge“ Verwendung finden²:

² Die Feldansprache und Probenahme sollte durch bodenkundlich geschulte Fachleute erfolgen. Auch der beste Leitfaden ersetzt nicht die Übung unter fachkundiger Anleitung.

- KA 4 (1994)
- Munsell-Farbskala (Munsell 1975)
- DVWK Regeln 129 (1995)
- DIN 4022
- DIN 4220

Insbesondere zur Bewertung der Qualitätskriterien von Bodenproben ist eine saubere und umfangreiche bodenkundliche Feldansprache notwendig. Dabei können einige Eigenschaften nur an großformatigen Bodenaufschlüssen sinnvoll beurteilt werden (Profilwand, Schurf).

Wenn mehrere ungestörte Proben gewonnen werden sollen und bei Proben aus Tiefen größer 50 cm sind umfangreichere Grabungen notwendig. Wird dazu eine Schurfgrube angelegt, sollte eine Grubenwand zur Bodenansprache präpariert werden.

Im Protokoll zur Probenahme von Bodenzylindern ist ein Verweis auf das Protokoll der Profilaufnahme und Feldansprache zu vermerken (s. Anhang).

8.3 Anordnung der Probenahmepunkte

Die Beprobung erfolgt in der Regel horizontweise. Auf Störungen im Profil ist besonders zu achten, insbesondere bei anthropogen veränderten Standorten. Gestörte Proben zur weiteren Charakterisierung (z.B. Stoffinventar, Körnung usw.) sollten in genau derselben Tiefe entnommen werden wie die ungestörten Proben, da Bodeneigenschaften auch innerhalb eines Horizontes deutlich tiefenabhängig sind.

Ob die Probenahme im Profil von oben nach unten oder von unten nach oben erfolgen soll, wird in der Literatur unterschiedlich gesehen. In der KA 4 (1994) wird bei der Beprobung mehrerer Horizonte gefordert, an dem tiefsten Punkt an der Profilschale zu beginnen, um eine Verunreinigung der Proben durch herunterfallendes Substrat aus höher gelegenen Bodenbereichen zu vermeiden. Es ist jedoch nicht eindeutig definiert, ob diese Vorgehensweise für alle Probenahmen oder vorrangig für die gestörten Proben und die vertikale Stechzylinderprobenahme gilt. Andere Quellen legen ein Arbeiten von oben nach unten im Schurf mit Tieferlegen der Entnahmeebene nahe (Schlichting et al. 1995), vermutlich aus Gründen der

Arbeitersparnis. Hierbei besteht jedoch die Gefahr, dass durch die Probenahme (Einschlagen und Ausgraben der Zylinder) die liegenden Bodenbereiche gestört werden. Deshalb sollte nach Möglichkeit die Beprobung nicht in einer Fluchtlinie von oben nach unten, sondern für jede Tiefe versetzt erfolgen. Die Reihenfolge, in der die Horizonte beprobt werden, muss deshalb dokumentiert werden.

Humusproben sind vor der Grabung zu gewinnen (KA 4 1994). Der Boden hinter der anzulegenden Profilwand sowie über den Probenahmestellen sollte in einem Umkreis von mindestens 2 Metern nicht betreten oder befahren werden, um Verdichtungen zu vermeiden (Absperrung).

8.4 *Sicherheitshinweise*

Bei Grabungstiefen über 1 m ist eventuell eine Baugrubensicherung notwendig. Dazu ist die DIN 4124 zu beachten. Dort wird z.B. die Anlage von Treppen oder die Benutzung von Leitern bei Gruben über 1,25 m Tiefe festgelegt. Gruben von mehr als 1,25 m Tiefe dürfen ohne besondere Sicherung nur mit geböschten Wänden hergestellt werden (bzgl. Böschungswinkel und Ausführung s. BGV C 22). Angaben zum Verbau sind in BGV C 22 gegeben. Die Sicherheit bei der Probenahme wird ausführlich in DIN ISO 10381-3 behandelt.

Bei Aufgrabungen mit Baggern darf der Probenahmebereich keinesfalls überfahren werden.

8.5 *Entnahme von Bodenzylindern*

Vor dem Einbringen der Bodenzylinder ist eine ebene Bodenfläche zu präparieren. Sie sollte einige mm bis wenige cm höher liegen als die Oberfläche der zu entnehmenden Bodenprobe. Loses Material ist zu entfernen. Es werden alle Bodenzylinder einer Entnahmetiefe zunächst eingebracht und dann aus dem Bodenverband gelöst. Die räumliche Lage der Bodenzylinder ist als Skizze zu notieren. Das Einbringen der Bodenzylinder erfolgt durch Eindrücken oder Einschlagen.

Zur Führung des Bodenzylinders sind Führungszylinder, Schlaghauben, Hilfsgestelle (z.B. Dreibein) usw. zu verwenden. Der Einsatz von Schmiermitteln wird im Sinne dieser Arbeitshilfe abgelehnt. Wenn doch Schmiermittel verwendet werden, sind diese vor dem Einbringen auf die Innen- und Außenflächen des Bodenzylinders sparsam aufzubringen. Dies ist unbedingt im Protokoll zu vermerken. Schlaghaube und Stechvorsatz (bei Bedarf) sind aufzuste-

cken und der Bodenzylinder ist in der Führung auf den Boden aufzusetzen. Bei vertikaler Ausrichtung sind die Bodenzylinder so aufzusetzen, dass die Richtung zur Bodenoberfläche auch nach der Entnahme noch festgestellt werden kann. Dazu sind die Bodenzylinder zu kennzeichnen, z.B. durch eine Nummerierung der Bodenzylinder mit Schlagzahlen. Zahlen, die auf dem Kopf stehend eine andere Zahl ergeben, sind mit einem Dezimalpunkt zu kennzeichnen. Sollen horizontal ausgerichtete Bodenproben gewonnen werden, ist die Orientierung zur Profilwand zu vermerken. Die Himmelsrichtung der Profilwand oder der Achse des Bodenzylinders sollte mit einem Kompass oder durch Vermessungsverfahren ermittelt werden.

Beim Einschlagen von Hand sind kurze, nicht zu kräftige Schläge mit Holz- oder Gummihammer zu empfehlen. Beim Eintreiben mit Fallgewichten sollten zuvor Versuche zur Ermittlung des optimalen Fallgewichtes durchgeführt werden. Bei hydraulischen Verfahren ist ein langsamer zügiger Vorschub sinnvoll. Der Bodenzylinder ist beim Einbringen zu beobachten. Verkantungen oder Eindringwiderstände sind Hinweise auf fehlerhafte Proben und im Protokoll zu notieren. Zur Sicherheit sollten über den tatsächlichen Bedarf hinaus zusätzliche Stechzylinderproben gewonnen werden, um zu verwerfende Proben ersetzen zu können.

Der Bodenzylinder wird so weit in den Boden eingetrieben, dass er sich mit seinem oberen Rand vollständig unterhalb der präparierten Fläche befindet. So kann der obere Rand nachbearbeitet werden. Schlaghauben, Stützringe usw. werden nun vorsichtig unter leichtem Drehen abgezogen.

Die Bodenzylinder werden seitlich so weit freigelegt, dass sie mit einer Kelle einige Zentimeter unter der Unterkante der Bodenzylinder unterfahren werden können. Es sollten noch einige Zentimeter Boden um den Bodenzylinder herum stehen bleiben.

Ein Unterfahren der Bodenzylinder kann durch Eintreiben von Blechen oder Maurerkellen erfolgen. Spaten sind weniger gut geeignet, da durch den Hebel die sich noch im Profil befindlichen Bodenzylinder evtl. verkantet und ungünstig abgerissen werden können. Jeder Bodenzylinder wird nun weiter freigelegt und mit dem Bodenüberstand an beiden Stirnseiten des Zylinders aus dem Bodenverband gelöst. Das Material zwischen den Bodenzylindern kann evtl. für gestörte Proben verwendet werden.

Der obere Überstand der Bodenzylinder wird zuerst vorsichtig mit einem Messer (Küchenmesser mit Wellenschliff) abgeschnitten. Die untere Stirnseite sollte erst behandelt werden,

wenn die obere Stirnseite abgedeckt und gesichert ist. Der außen am Zylinder anhaftende Boden wird ebenfalls mit entfernt. Die Stirnflächen des Bodens sollen eben, aber nicht verschmiert sein. Auf die Erhaltung der offenen Poren ist dabei besonders zu achten. Der Boden kann dazu in kleinen Stücken mit schräg angesetztem Messer von der Zylinderwand zur Mitte entfernt werden. Bei dieser Vorgehensweise werden besondere Problemstellen (Steine, Wurzeln) rechtzeitig erkannt und können besonders behandelt werden. Beim Auftreten von Problemstellen empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- Überstehende Steine an der Stirnfläche müssen entfernt werden (nicht in den Boden eindrücken) die Fehlstellen sind mit kleineren Steinen und rieselfähigem Feinboden oder mit rieselfähigem Schluff oder Sand in ähnlicher Lagerung aufzufüllen. Insbesondere bei Experimenten, bei denen die Probe auf porösen Platten oder Filtern aufgesetzt wird, ist ein Anschluss des Porensystems des Bodens mit der porösen Platte zu gewährleisten. Es wird auch empfohlen, diese Proben zu verwerfen (Schlichting et. al. 1995).
- Überstehende Wurzeln sind mit einer Schere an der Stirnseite abzuschneiden. Für Feinwurzeln sind Nagelscheren geeignet, für stärkere Wurzeln Gartenschere, Kneifzange oder Sägeblätter. Beim Abschneiden sind Verkantungen der Wurzeln zu vermeiden.

In der DIN 19672 wird empfohlen den Boden mit einem dünnen, straff gespannten Draht abzuscheren. Diese Vorgehensweise birgt die Gefahr, dass Problemstellen (besonders Steine) nicht rechtzeitig erkannt werden. Der Abschervorgang kann auch zur Verschmierung der Poren führen. Daher wird diese Vorgehensweise nicht empfohlen.

Die Zylinderproben sind mit Deckeln zu verschließen; diese sind zu fixieren und eventuell abzudichten (Klebeband). Anhaftendes Erdmaterial soll entfernt werden. Jede Probe ist zu benennen, zu kennzeichnen und Besonderheiten sind in das Probenahmeprotokoll aufzunehmen (z.B. Ersatz von Fehlstellen, Makroporen, Bohrfortschritt). Die verschlossenen Probenzylinder sind rasch in die Transportbehälter zu überführen.

Folgende weitere Empfehlungen sind zu beachten:

- Ungestörte Bodenproben und Zylinderproben sollen bei dem Wassergehalt der Feldkapazität entnommen werden (KA 4 1994). Bindige Böden (Schluffe, Tone und Lehme) dürfen nicht zu trocken sein, evtl. sollte Tage zuvor eine Bewässerung mit geringer Fließrate (Erosionsvermeidung) durchgeführt werden.
- Probenahmewerkzeuge sind vor jeder Probenahme nochmals zu reinigen (KA4 1995, LABO/ALA 2000a, DIN ISO 10381-2). Eine Reinigung aller Werkzeuge und Gefäße nach der Probenahme bzw. Beendigung der Laborversuche ist obligatorisch.
- Gestört entnommenes Bodenmaterial zur Charakterisierung der Tiefenstufe ist aus derselben Tiefe zu entnehmen wie die ungestörte Probe (KA4 1995), dies gilt insbesondere auch bei Horizonten, die mächtiger sind als die Bodenzylinderlänge.

Die Entnahme von Bodenzylindern kann prinzipiell auch aus Bohrkernen und Linern nach dem oben genannten Verfahren erfolgen. Auf Randstörungen ist hier besonders zu achten, insbesondere bei drehend gewonnenen Bohrkernen. Eine Bodenprobe für den Einsatz in Elutionsanlagen sollte deshalb aus dem Inneren eines Bohrkernes gewonnen werden.

9 Literatur

9.1 Zitierte Schriften

Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4), 4. Auflage, berichtigter Nachdruck Hannover 1996, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. *Zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeitshilfe war die nachfolgende 5. Auflage noch nicht veröffentlicht.*

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen - StMLU - (Hrsg.) (1997): Probenahme von Böden und Substraten zur Erfassung des Bodenzustandes und Untersuchung kontaminierter Standorte, Eigenverlag, München

Bundesanstalt für Materialforschung- und Prüfung BAM (Hrsg.) (2001): Anforderungen an die Probennahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften. In: Amts- und Mitteilungsblatt der BAM Sonderheft 2/2001, Berlin, Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, ISSN 0938-5533

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) v. 12.07.1999, BGBl. I, S. 1554

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Ständiger Ausschuss Altlasten (ALA) - Unterausschuss „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (2002a): Arbeitshilfe Qualitätssicherung“ Teilthema 2.2 Phase 2-3: Gewinnung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserproben, Beitrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz; <http://www.labo-deutschland.de>, www.lua.nrw.de

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – Ständiger Ausschuss Altlasten (ALA) - Unterausschuss „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ (2002b): Arbeitshilfe Qualitätssicherung“, Teilthema 2.1 Untersuchungsstrategie, Beitrag des Umweltbundesamtes; <http://www.labo-deutschland.de>, www.lua.nrw.de

DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.) (1995): Bodenkundliche Untersuchungen im Feld zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, DVWK-Regeln 129, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn,

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, BGBl. I S. 502

Hartge K.H. und Horn R. (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden, 3. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

Hessische Landesanstalt für Umwelt HLFU (Hrsg.) (1996): Handbuch Altlasten Band 3, Erkundung von Altflächen Teil 2: Untersuchung altlastenverdächtiger Flächen, Wiesbaden.

Hirschfeld, D. (1997): Merkblatt 833 Edelstahl rostfrei in Erdböden, 1. Aufl. (Hrsg.: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei)

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA) (Hrsg.) (1995): ITVA-Arbeitshilfe F2-1: Aufschlussverfahren zur Probengewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen LUA (Hrsg.) (2000): Merkblätter Nr.20 - Empfehlungen für die Durchführung und Auswertung von Säulenversuchen gemäß BBodSch- u. AltlastenV., Selbstverlag, Essen

Munsell (1975): Soil Color Charts, Baltimore Maryland, USA

Nothbaum N., Scholz R. W. u. May T. W. (1994): Probenahmeplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Schlichting, E., Blume, H.-P. u. Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum, Pareys Studentexte, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie - SLFUG - (Hrsg.) (1998): Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten, Materialien zur Altlastenbehandlung 3/1998, Eigenverlag, Radebeul

TBG Tiefbau-Berufsgenossenschaft (2000): Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. BG-Regeln, Kontaminierte Bereiche (BGR 128) (*vormals ZH 1/183*)

TBG Tiefbau-Berufsgenossenschaft: Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. BG-Vorschrift: Bauarbeiten (BGV C 22) (*vormals VBG 37 Unfallverhütungsvorschrift*)

Totsche, K. U. (2001): Reaktiver Stofftransport in Böden: Optimierte Experimentdesigns zur Prozessidentifikation. Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Band 75, 144 S. ISSN: 0931-6442

Totsche, K. U. (2003): Laborbodensäulenexperimente Theorie und Praxis – Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation. Eigenverlag Lehrstuhl für Bodenkunde, Technische Universität München

9.2 Zitierte Normen

(Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung, bitte die jeweils aktuellen Normen beachten)

DIN 4021 Baugrund-Aufschluss durch Schürfe, Bohrungen und Entnahme von Proben. Beuth Verlag, Berlin

DIN 4022 Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels, Teile 1 bis 3. Beuth Verlag, Berlin

DIN 4124 Baugruben und Gräben – Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau. Beuth Verlag, Berlin

DIN 4220 Bodenkundliche Standortbeurteilung. Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. Beuth Verlag, Berlin

DIN ISO 10381-1 Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen. Beuth Verlag, Berlin

DIN ISO 10381-2 Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren. Beuth Verlag, Berlin

DIN ISO 10381-3 Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 3: Anleitung zur Sicherheit. Beuth Verlag, Berlin

E DIN ISO 10381-4 Bodenbeschaffenheit – Probenahme Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten. Beuth Verlag, Berlin

DIN EN 10088-1 Nichtrostende Stähle - Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle. Beuth Verlag, Berlin

DIN V 19736 Bodenbeschaffenheit: Ableitung von Konzentrationen organischer Stoffe im Bodenwasser. Beuth Verlag, Berlin

DIN 19672 Blatt 1 Bodenentnahmegeräte für den Landeskulturbau – Geräte zur Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung. Beuth Verlag, Berlin

DIN 19672 Blatt 2 Bodenentnahmegeräte für den Landeskulturbau – Geräte zur Untersuchung und Entnahme von Moorbodenproben. Beuth Verlag, Berlin

DIN 19681 Bodenuntersuchungen im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Entnahme von Bodenproben. Beuth Verlag, Berlin

ANHANG

Bodenprobenahme in Stechzylindern – Probenahmeprotokoll

<i>Logo des Probennehmers</i>		<i>Adresse/Stempel des Probennehmers</i>				Bodenprobenahme in Stechzylindern Probenahmeprotokoll				Projekt-Nr.:		
										Labor-Nr.:		
										Datum, Uhrzeit:		
Projektbezeichnung:								Auftraggeber:				
Aufschlußbez.:								Probenehmer:				
Lage der Mess stelle:		Rechtswert:		Hochwert:						Karte (TK):		
Höhe GOK:				Abfolge der Beprobung von oben nach unten <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein						Profilaufnahme:		
Witterung:								Lageskizze:				
Probendaten für jeden Zylinder, Profilaufnahme und Lageskizze erforderlich (Horizontansprache und räumliche Zuordnung)												
Lfd. Nr.	Horizont / Schicht	Horizontgrenzen		Tiefe Probenzylinder		Geräte	Zylinder Höhe	Zylinder	Zylinder Nummer	Zylinder Material	Bemerkungen / Besonderheiten	Proben-Bezeichnung
	Benennung und Nummer aus der Profilaufnahme	Horizont (cm v. GOK)		Stirnflächen (cm v. GOK/Wand)		SH=Schlaghaube H=hydraul. F=Führung	cm	DN (cm) / Vol. (cm ³)	evtl. Kasten / Bezeichn.	St=Stahl Est=rostfrei Kst.=Kunststoff	Farbe (F), Gefüge (G), Steine (S), Durchwurzelung (D), Problemstellen (P), Gleitmitteleinsatz (G=_____), Konservierung (K) (Schlüssel für Kurzschreibweisen), evtl. 2 Zeilen nutzen V = Achse vertikal eingebaut: Nummern aufrecht lesbar! (Abweichung notieren), W = Achse waagrecht eingebaut: Himmelsrichtung Zylinderachse, wenn Nummer lesbar	
		von	bis	unten	oben							
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												