



BODENSCHUTZ

ALEX-INFORMATIONSBLATT 01

Häufig angewandte Probengewinnungsverfahren für Boden/Deponat

ALEX-Informationsblatt 01/2011
Mainz, Mai 2011

Hinweis: aktualisierte Fassung

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

© 2011

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

INHALTSVERZEICHNIS

1	Kleinbohrungen	4
2	Bohrungen	8
3	Schürfe	18
4	Literaturverzeichnis	20

1 KLEINBOHRUNGEN

Die DIN EN ISO 22475-1 [1] definiert eine Kleinbohrung (früher: Sondierung) als einen Aufschluss im Boden, der mit einem Durchmesser von 30 - 80 mm durchgeführt wird (vgl. Tab. I). Kleinbohrungen sind geeignet für die Untersuchung von Böden der Bodenklasse 1 - 5 (Ton - Mittelkies), jedoch nicht zur Entnahme von Proben bei Festgesteinen. Hinsichtlich Altlastenerkundung sind hierbei folgende Verfahren zu unterscheiden:

- Handdrehbohrungen bzw. Handsondierungen
- Rammkernbohrungen mit Motorunterstützung.

Im Vergleich zu Bohrungen stellen Kleinbohrungen eine preiswerte Alternative bzw. Ergänzung dar. Der Preis einer Kleinbohrung liegt i.d.R. ca. 33 - 50 % unter einer Bohrung.

1.1 Handbohrungen

Handbohrungen stellen ein einfaches, schnelles und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von oberflächennahen Aufschlüssen dar. Bei der Handbohrung wird ein Entnahmerohr (vielfach Schappe genannt), Schnecke oder Spirale mit einem Durchmesser von 60 - 80 mm per Hand in den Boden gedreht und anschließend herausgezogen. Mit Verlängerungsstangen können Tiefen von 2 - 3 m erreicht werden.

Zu diesem Verfahren gehören folgende Geräte aus dem Landeskulturbau (DIN 19671-BI. 2) [2]:

- -Flügelbohrer (Form E und F)
- -Bohrschappe (Form E und H)

sowie abgewandelte Ausführungen:

- -"Edelmann"-Bohrer
- -"Riverside"-Bohrer
- -Löffelbohrer.

Sie eignen sich überwiegend für den Einsatz in nicht verdichtetem, bindigem und sandigem Boden oberhalb der Grundwasseroberfläche bis in Tiefen von 20 - 30 cm, höchstens 2 m.

Grobstückiges, hartes Material, wie z.B. Schlacken, kann mit diesem Gerät i.d.R. nicht erbohrt werden. Ausgenommen hiervon sind erfahrungsgemäß der Löffelbohrer und der "Riverside"-Bohrer. Der "Riverside"-Bohrer kann in Grenzen auch unterhalb der Grundwasser Oberfläche eingesetzt werden.

Tabelle 1: Wesentliche Merkmale von Kleinbohrgeräten, die sich zur Gewinnung von Feststoffproben aus altlastverdächtigen Flächen / Altlasten eignen [3]

Proben-art	Boden-profil	Bezeichnung	Anwendungsbereich	max. erreichb. Tiefe	maximale Proben-menge	
				beprobbare Tiefenintervalle		
gestört	relativ gestört	Schaufel, Spaten	nichtverdichtete Boden-/Fremdstoffablagerungen	Nur bis 1m sinnvoll beliebig	unbegrenzt	
		Flügelbohrer nach DIN	nichtverdichtete, bindige und sandige Böden / Fremdstoffablagerungen über Grundwasser	sinnvoll bis 0,2 m ohne Ziehgerät bis 2 m mögli. < 0,2 m – 0,25 m	0,5 L	
		„Edelmann“-Bohrer, ähnl. Flügelbohrer		0,2 m / 2 m (s.o) < 0,2 m – 0,3 m	0,1 – 2.3 L	
		Bohrschappe nach DIN 19671 – Bl. 2	u. E. auch im Grundwasser	0,2 m / 2m (s.o) < 0,2 m – 0,25 m	0,6 L / 0,7 L / 1,5 L	
		„Riverside“-Bohrer, ähnl. Bohrschappe	u. E. kiesige Böden / Fremdstoffablagerungen im Grundwasser	0,2 m / 2 m (s.o) < 0, 2 m	0,6 L	
		Löffelbohrer	steinige und kiesige Böden / Fremdstoffablagerungen	0,2 m / 2 m (s.o) < 0, 2 m	0,5 L / 1 L	
		Rillenbohrer nach DIN 19671 – Bl. 1	nichtverdichtete bindige und sandige Böden / Fremdstoffablagerungen	1 m / 2 m ohne Ziehgerät < 1,0 m	0,3 L	
	relativ ungestört	Pürckhauer-Bohrstock ähnl. Rillen-bohrer		1,0 m < 1,0 m	0,4 L	
		Rohrbohrer nach DIN 19671 – Bl. 2		1,0 m < 1,0 m	0,5 L	
	ungestört	ungestört	Rammkernsonde (50 mm), ähnl. Rohrbohrer	nichtverdichtete bindige und sandige Böden / Fremdstoffablagerungen	Ca. 5 m mit Bohrhammer und Ziehgerät < 1,0 m	1,0 L
			Stechzylinder nach DIN 19672 – Bl. 1		0,04 m (oder z.B. 0,12 m)	0,1 L (oder z.B. 0,85 L)

1.2 Handsondierungen

Zu den Handsondierungen zählen Rillen- und Rohrbohrer (n. DIN 19672 - Bl. 1) [4]. Pürckhauerstöcke sowie die Rammkernsonden; sie werden ohne oder mit leichter Drehung in den Untergrund gedrückt oder gerammt.

Das im Bohrstock und in der Sonde enthaltene Bodenprofil ist weitgehend ungestört. Durch den Rammvorgang kann jedoch die Bodensäule besonders bei skelettreichen Böden zusammengestaucht werden.

Da das Bohrgut zur Probengewinnung mit Hilfe von Spachtel, Spatel oder Löffel aus Rille oder Rohr entfernt werden muss, erhält man ebenfalls nur gestörte Proben.

Je nachdem ob Verlängerungsrohre aufgesetzt werden, können auch größere Tiefen als 1 m durchörtert werden. Bei alllastverdächtigen Flächen sind für die nicht motorunterstützten Verfahren höchstens 2 m Bohrtiefe mit vertretbarem Aufwand realisierbar.

Handsondierungen werden vorwiegend im Probenpunktraster eingesetzt. Zur Gewinnung repräsentativer gestörter Mischproben aus geringen Bohrtiefen bis 1 m, seltener bis 2 m, wird bevorzugt der Bohrstock nach "Pürckhauer" angewandt, der mit Hilfe eines Hammers von Hand eingeschlagen wird. Er ist vor Ort wegen seiner guten Praktikabilität gut und schnell einzusetzen, aber in seiner Probenmenge begrenzt. I.d.R. sind 10 bis 20 Einstiche für eine ausreichende Probenmenge erforderlich. Der Einsatz des Bohrstockes ist zur Untersuchung von alllastverdächtigen Flächen u.a. aufgrund der begrenzten Bohrtiefe wenig geeignet. Er findet dagegen bevorzugt Anwendung bei der oberflächennahen Untersuchung sonstiger Nutzflächen, z.B. Kinderspielplätze, Sportplätze, Haus-/Kleingärten etc..

1.3 Rammkernbohrungen mit Motorunterstützung

Bei diesem Verfahren wird ein Entnahmerohr mit einem Durchmesser von 30 - 80 mm und 1, 2 oder 4 m Länge mittels eines tragbaren Motor- oder Elektrohammers in den Untergrund gerammt und danach mit einer manuellen oder hydraulischen Vorrichtung gezogen. Das Ziehgerät muß dabei den Belastungen im Feld angepasst sein. Ziehgeräte mit zwei Hebelarmen, die zusätzlich noch verlängerbar sind, erreichen Ziehkräfte bis zu 6 t.

Sind neben der geologisch/ingenieurgeologischen Bodenansprache Probenahmen für chemische Analytik oder bodenmechanische Laborversuche vorgesehen, dann sind Rammkernsonden mit einem Durchmesser von mindestens 50 mm einzusetzen.

Rammkernsondierungen sind bis etwa 15 - 20 m möglich. Die nach Arbeitsaufwand und Materialverschleiß (Kosten) vertretbaren Bohrtiefen betragen für Rammkernsondierungen ca. 5 - 8 m. Generell ist zwischen den Elektrohämmern mit Ex-Schutz und mittels Kraftstoff angetriebenen Motorhämmern zu unterscheiden. Erfahrungsgemäß ist bei Sondierungen mit angetriebenen Motorhämmern mit Tropfverlust zu rechnen, so daß es zur Verunreinigung des Bodens kommt und daher falsche Analysenergebnisse nicht ausgeschlossen werden können. Mit einem Elektrohammer lassen sich ähnliche Bohrtiefen wie mit einem Motorhammer erreichen.

Der ITVA-Fachausschuss F 2 "Aufschlussverfahren" gibt in seiner Veröffentlichung [5] für Kleinrammbohrungen folgende Vor- und Nachteile an:

Vorteile

- Kleinrammbohrungen sind schnell und kostengünstig durchzuführen.
- Es werden keine zusätzlichen Großgeräte (Bohrgerät, Bagger, etc.) benötigt.
- Sie sind auch an unzugänglichen Punkten, z.B. an steilen Böschungen, in Kellern, in Werkshallen mit vertretbarem Aufwand zu realisieren.
- Sie liefern eine für die meisten Untersuchungen ausreichende Probenqualität und -menge.
- Es fällt wenig Material zur Entsorgung an.

Nachteile

- In rolligen Böden treten vor allem unter der Grundwasseroberfläche erhebliche Kernverluste auf.
- Der oberste Teil des Bohrkerns ist oft durch Nachfall verfälscht.
- Unter ungünstigen Umständen (z.B. Kies über weichem Ton) wird ein erheblicher Teil des Bohrkerns beim Ziehen durch nachbrechendes Material höherer Schichten unbrauchbar.
- Auch bei größerem Bohrdurchmesser können noch deutliche Stauchungen im Kern auftreten.
- Die offenen Kernrohre begünstigen einen raschen Verlust flüchtiger Komponenten.
- Die Bohrtiefe ist recht begrenzt.

2 BOHRUNGEN

Bohrungen sind Aufschlüsse mit Durchmessern von 65 - 2.500 mm, um Boden-, Fels- oder Wasserproben zu entnehmen und Untersuchungen im Bohrloch durchzuführen bzw. sie zu Bodenluft- oder Grundwassermeßstellen auszubauen (s. Tab. 2). Im Bereich der Altlastenerkundung übersteigt ihr Durchmesser 300 mm i.d.R. nicht.

Das Bohrverfahren und die Art der zu gewinnenden Probe sind in Abhängigkeit von den zu beantwortenden Fragestellungen und den örtlichen Gegebenheiten zu wählen. In der Altlastenerkundung sollte möglichst ein Bohrverfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Boden-/Felsproben eingesetzt werden, da nur bei diesem Verfahren ein Bohrkern gewonnen werden kann, der ein direktes Abbild des Schichtenaufbaus in der gerade erreichten Tiefe darstellt. Daher ist eine Profilaufnahme und eine differenzierte Probenahme möglich. Mit Hülse oder Schlauch werden weitestgehend ungestörte Proben gewonnen. Durch eine sofortige Verriegelung der Kerne und dem Ziehen ist grundsätzlich eine Analyse von leichtflüchtigen Stoffen möglich.

Bohrungen sind nach Möglichkeit so anzuordnen und auszubauen, dass sie auch für spätere Untersuchungen verwendet werden können. Bohrungen im Körper von Altablagerungen sollten nur in Abstimmung mit der zuständigen Behörde und den Fachbehörden erfolgen.

2.1 Spülung

Als Spülung wird eine Zugabe von Wasser und/oder Luft beim Bohrvorgang bezeichnet. Sie dient sowohl zur Förderung des Bohrgutes als auch zur Stabilisierung des unverrohrten Bohrloches und zur Kühlung des Bohrwerkzeuges. Bei den Spülbohrungen werden weitgehend gestörte Proben gewonnen.

2.2 Hilfsverrohrung

Bei nicht standfestem Boden/Deponat wird zur Sicherheit des Bohrloches stets eine Hilfsverrohrung in verschiedenen Durchmessern (üblich 200 - 600 mm) mitgeführt, indem mittels einer Hydraulik durch Auflast und Drehen in den Untergrund gedrückt wird. Sofern sehr große Tiefen erforderlich sind, wird mit Rohren großer Ausgangsdurchmesser begonnen, die in bestimmten Tiefenabständen durch Nachschieben einer dünneren Verrohrung abgelöst werden ("Telescoping").

Tabelle 2-1.1 - Bohrverfahren für den Bau von Vertikalbrunnen und Grundwassermessstellen – Bewertungskriterien [6]

Bohrgutförderung	Diskontinuierliche Bohrgutaustrag		Kontinuierlicher Bohrgutaustrag mit Direktspülung = Rechtsspülung	
Bohrverfahren	Trockenbohren	Seilschlagbohren (Pennsylvanisch)	Hammerbohren	Druckspülbohren (Rotarybohren)
Bohrbewegung	drehend schlagend	schlagend	schlagend/ drehschlagend	drehend
Probengewinnung	unmittelbar	unmittelbar	mittelbar	mittelbar
Haupteinsatzgebiete	Baugrunderkundung Altlasterkundung Wassererkundung Brunnenbau	Wassererkundung Festgestein Brunnenbau Sohlebohrungen Thermalsohlebohrungen Mineralwasserbohrungen	Erkundungsbohrungen im Festgestein, kleindimensionierte Brunnenbohrungen	Erkundungsbohrungen im Locker- und im Festgestein, Solebohrungen Thermalsolebohrungen Mineralwasserbohrungen
Spülungsmedium	Grundwasser bzw. Zugebendes Wasser ohne Zirkulation	Grundwasser bzw. Zugebendes Wasser ohne Zirkulation	Luftspülung Wasserspülung Schaum	Flüssigkeitsprüfung
Spülungsförderung			Verdichter Kolbenpumpe	Kolben- oder Kreiselpumpe
Bohrwerkzeuge	Schappe Ventilbüchse Kiespumpe Spirale Kratzer Greifer Blattmeißel Kreuzmeißel Backenmeißel	Ventilbüchse Blattmeißel Backenmeißel Kreuzmeißel Erweiterungsmeißel	Hartmetallbohrköpfe Mit Einfach-, Kreuz- und x-Schneiden sowie Hartmetallstifte	Rollenkronen und -meißel Hartmetallkronen und -meißel Fischschwanzmeißel Flügelmeißel
Sicherung und Schutz der Bohr-Lochwand	Bohrrohre (teleskopartig) Wasserüberdruck	Bohrrohre/Sperrohre gebirgsabhängig Wasserüberdruck	Standrohre/Sperrohre Verrohrung (nachgeführt oder mitgeführt) gebirgsabhängig Spülung	Standrohre/Sperrohre gebirgsabhängig Spülung Bildung eines Filterkuchens hydrostatisch
Bohrstrang	Bohrgestänge Stahlseil	Stahlseil	Bohrgestänge mit Schraubverbindern	Bohrgestänge mit Schraubverbindern Schwerstangen, Stabilisatoren, Stoßdämpfer
Bohrstrangantrieb und Antrieb für Hilfswerkzeuge	Seilwinde mit Freifalleinrichtung, Schlämmtrommel Hydraulischer Kraftkopf oder Drehtisch	Seilwinde mit Freifalleinrichtung, Schlämmtrommel	Bohrhammer mit pneumatischem oder hydraulischem Antrieb über Tage oder im Bohrloch	Drehtisch, Kraftspülkopf
Ausbauverrohrung	Aufsatzrohre Filterrohre	Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre	Futterrohre Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre	Futterrohre Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre
Bohrbeginn	ab Geländeoberkante	ab Geländeoberkante	ab Geländeoberkante	ab Geländeoberkante
Untergrund	In allen Gesteinen einsetzbar, geringer Bohrfortschritt im Festgestein	In allen Gesteinen einsetzbar, geringer Bohrfortschritt im Festgestein	Festgestein, guter Bohrfortschritt	In allen Gesteinen einsetzbar, im groben Lockergestein und klüftigem Festgestein Spülverluste

Tabelle 2-1.2 - Bohrverfahren für den Bau von Vertikalbrunnen und Grundwassermessstellen – Bewertungskriterien [6]

Bohrgutförderung	Kontinuierlicher Bohrgutaustrag mit Umkehrspülung = Linksspülung		
Bohrverfahren	Saugbohren	Lufthebebohren	Strahlsaugbohren
Bohrbewegung	drehend	schlagend/ drehschlagend	drehend
Probengewinnung	mittelbar	mittelbar	mittelbar
Haupteinsatzgebiete	Untersuchungsbohrungen Brunnenbohrungen Mineralwasserbrunnen Versenkbrunnen	Brunnenbohrungen Großlochbohrungen Solebrunnen Thermalsolebrunnen Mineralwasserbrunnen	Erkundungsbohrungen Im Locker- und im Festgestein, Kernbohrungen
Spülungsmedium	Flüssigkeitsspülung	Flüssigkeitsspülung	Flüssigkeitsspülung
Spülungsförderung	Kreiselpumpe	Verdichter	Strahldüse Kolben- oder Kreiselpumpe
Bohrwerkzeuge	Ein- u. Mehrstufenmeißel Flügelmeißel Rollenmeißel	Ein- u. Mehrstufenmeißel Flügelmeißel Rollenmeißel	Ein- u. Mehrstufenmeißel Flügelmeißel Rollenmeißel
Sicherung und Schutz der Bohrlochwand	Standrohre/Sperrohre gebirgsabhängig Spülung Bildung eines Filterkuchens hydrostatisch	Standrohre/Sperrohre gebirgsabhängig Spülung Bildung eines Filterkuchens hydrostatisch	Standrohre/Sperrohre gebirgsabhängig Spülung Bildung eines Filterkuchens hydrostatisch
Bohrstrang	Bohrgestänge mit Schraubverbindern oder Flanschverbindern Schwerstangen, Stabilisatoren, Stoßdämpfer	Bohrgestänge mit Flansch- oder Schraubverbindern mit eingehängter oder integrierter Luftleitung, Doppelwand-Bohrgestänge, Schwerstangen, Stabilisatoren, Stoßdämpfer	Bohrgestänge mit Schraubverbindern
Bohrstrangantrieb und Antrieb für Hilfswerkzeuge	Drehtisch, Kraftspülkopf	Drehtisch, Kraftspülkopf	Drehtisch, Kraftspülkopf
Ausbauverrohrung	Futterrohre Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre	Futterrohre Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre	Futterrohre Mantelrohre/Sperrohre Aufsatzrohre Filterrohre
Bohrbeginn	ab Geländeoberkante	erst ab ca. 5 – 10 m Tiefe einsetzbar	ab Geländeoberkante
Untergrund	In allen Gesteinen einsetzbar, im groben Lockergestein und klüftigem Festgestein Spülverluste	In allen Gesteinen einsetzbar, im groben Lockergestein und klüftigem Festgestein Spülverluste	In allen Gesteinen einsetzbar, im groben Lockergestein und klüftigem Festgestein Spülverluste

Tabelle 2-2.1 – Bohrverfahren für den Bau von Vertikalbrunnen und Grundwassermessstellen – Bewertungskriterien [6]

Bohrgutförderung	Diskontinuierliche Bohrgutaustrag		Kontinuierlicher Bohrgutaustrag mit Direktspülung = Rechtsspülung	
Bohrverfahren	Trockenbohren	Seilschlagbohren (Pennsylvanisch)	Hammerbohren	Druckspülbohren (Rotarybohren)
Bohrbewegung	drehend schlagend	schlagend	schlagend/ drehschlagend	drehend
Probengewinnung	unmittelbar	unmittelbar	mittelbar	mittelbar
Bohrungsziel Vor- und Nachteile				Schnelles und günstiges Abteufen eines Bohrloches
Bohrdurchmesser	alle Bohrdurchmesser möglich	alle Bohrdurchmesser möglich	Obergrenze ca. 500 mm (*)	Obergrenze ca. 350 mm
Bohrteufe	Geringe Bohrteufe bis ca. 100 m u. GOK (abhängig vom End-Bohrdurchmesser) Rohrmantelreibung begrenzen Einbautiefe	Bohrteufen im Festgestein bis ca. 300 m u. GOK		Bohrteufe abhängig von Spülpumpenleistung und Gestänge – sowie Bohrdurchmesser über 1000 m u. GOK
Probengüte	gut, teufengerecht	gut, teufengerecht	stark verfahrens- und meiselabhängig	Kolbenpumpe = befriedigende Probenqualität weitgehend teufengerecht, geeignet für Filterbestimmungen, Stratigrafie etc. Kreiselpumpe = schlechte Probenqualität
Vertikalität	gut, lotgerecht	gut, lotgerecht	stark verfahrens- und meiselabhängig	Größe und Richtung von Abweichungen sind abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der zu durchbohrenden Gesteinsfolge, der Bohrgarnitur und dem Bohrandruck
Kaliberhaftigkeit	gut, kalibrierhaltig	gut, kalibrierhaltig	gut, kalibrierhaltig	Kalibrierhaltigkeit abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der Gesteinsfolge. Auskolkungen in Geröllschichten und bei Schichtübergängen möglich
Energiebilanz	Rohrmantelreibung begrenzen Einbautiefe		hohe Reibungsverluste im Gestänge	hohe Reibungsverluste im Gestänge

Tabelle 2-2.2 – Bohrverfahren für den Bau von Vertikalbrunnen und Grundwassermessstellen – Bewertungskriterien [6]

Bohrgutförderung	Kontinuierlicher Bohrgutaustrag mit Umkehrspülung = Linksspülung		
Bohrverfahren	Saugbohren	Lufthebebohren	Strahlsaugbohren
Bohrbewegung	drehend	schlagend/ drehschlagend	drehend
Probengewinnung	mittelbar	mittelbar	mittelbar
Bohrungsziel Vor- und Nachteile			
Bohrdurchmesser	beliebig groß, aber je nach Gestängedurchmesser ab ca. 250 mm	beliebig groß, aber je nach Gestängedurchmesser ab ca. 250 mm	beliebig groß, aber je nach Gestängedurchmesser ab ca. 250 mm
Bohrteufe	je nach Dichtigkeit des Systems, Pumpenleistung und Gestänge- und Bohrdurchmesser Bohrdurchmesser Gestänge \varnothing -/wirtschaftl. Teufe 150 mm/ 100 m 250 mm/ 100 m	je nach Kompressorleistung und Gestänge- sowie Bohrdurchmesser über 500 m GOK	je nach Dichtigkeit des Systems und Gestänge –sowie Bohrdurchmesser bis ca.50 m
Probengüte	relativ gut: meist wenig vermischt, Teufengerechtigkeit gut (abhängig von Umlaufmenge und Aufstiegs geschwindigkeit der Spülung)	relativ gut: meist wenig vermischt, Teufengerechtigkeit gut (abhängig von Umlaufmenge und Aufstiegs geschwindigkeit der Spülung)	relativ gut: meist wenig vermischt, Teufengerechtigkeit gut (abhängig von Umlaufmenge und Aufstiegs geschwindigkeit der Spülung)
Vertikalität	Größe und Richtung von Abweichungen sind abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der zu durchbohrenden Gesteinsfolge, der Bohrgarnitur und dem Bohrandruck	Größe und Richtung von Abweichungen sind abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der zu durchbohrenden Gesteinsfolge, der Bohrgarnitur und dem Bohrandruck	Größe und Richtung von Abweichungen sind abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der zu durchbohrenden Gesteinsfolge, der Bohrgarnitur und dem Bohrandruck
Kaliberhaftigkeit	Kalibrierhaltigkeit abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der Gesteinsfolge. Auskolkungen in Geröllschichten und bei Schichtübergängen möglich	Kalibrierhaltigkeit abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der Gesteinsfolge. Auskolkungen in Geröllschichten und bei Schichtübergängen möglich	Kalibrierhaltigkeit abhängig von der Beschaffenheit und Lagerung der Gesteinsfolge. Auskolkungen in Geröllschichten und bei Schichtübergängen möglich
Energiebilanz	Reibungsverluste	Im Verhältnis zur Bohrteufe geringer Energieaufwand	Reibungsverluste

(*) Anmerkung:

Es gibt auch Bohrhämmer, die im Linksspülverfahren arbeiten; max. ca. 800 mm

2.3 Trockenbohrung

Um das zur Untersuchung anstehende Bohrgut nicht durch Spülsätze chemisch zu verunreinigen oder durch Spülungen mit Wasser zu verändern (Verdünnungseffekt), sind Bohrungen bei altlastverdächtigen Flächen / Altlasten grundsätzlich als Trockenbohrung anzulegen. Trockenbohrungen werden alle Bohrungen ohne Spülung genannt, auch wenn sie im Grundwasser stattfinden.

2.4 Bohrverfahren mit und ohne Kerngewinn

Generell kann man bei den Bohrverfahren zwischen Nass- und Trockenbohrungen mit und ohne Kerngewinn unterscheiden. Nachfolgend werden hier nur Trockenbohrungen mit und ohne Kerngewinn erläutert.

2.4.1. Trockenbohrungen mit Kerngewinn

- a) Rotations-Trockenkernbohrungen
- b) Rammrotations-Kernbohrungen
- c) Rammkernbohrungen
- d) Hohlbohrschnecke

Zu a)

Bei der Rotations-Trockenkernbohrung erfolgt der Bohrvortrieb drehend mit einem Einfachkernmotor. Der Durchmesser liegt i.d.R. bei 65 - 300 mm. Das Verfahren kann bei Böden der Bodenklasse 1 - 5 (Tone - Feinkiese) eingesetzt werden. Es kann bedingt auch bei verwittertem Fels (Bodenklasse 6) genutzt werden. Je nach Bohrgerätetyp und geologischen Bedingungen können Tiefen bis zu 50 m erreicht werden.

Diese Verfahren haben für Aufschlussbohrungen regional nur dort Bedeutung, wo flächenhaft bindige bis sandige Böden anstehen, z.B. in den Niederlanden [5]. Bei diesem Verfahren muß zur Probenahme 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 mit Hilfe des Trockenrohres entfernt werden. Das kostet bei größeren Bohrtiefen Zeit und damit Geld [7].

Bei der Bodenansprache 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.

Zu b)

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

Zu c)

Beim Rammkernbohren wird ein Kernrohr von 1 - 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 des Kernrohres durch Schläge gegen die Rohraußenseite mit einem Hammer und/oder mit zusätzlicher Pressluft ausgetrieben. Der Bohrdurchmesser beträgt meist 80 - 300 mm. Durch Aufsetzen von Gestängen können je nach Untergrundbedingungen Tiefen von 30 - 50 m erreicht werden.

Eine Variante des oben beschriebenen Rammkernbohrens ist das Bohren mit innenliegender Probehülse, die meist aus einem Kunststoffrohr besteht und sich beim Einrammen des Kernrohres mit Bodenmaterial füllt. Diese Probenahmeart wird als Schlauchkernbohrung ohne Spülung bezeichnet. Der Bohrdurchmesser beträgt 80 - 200 mm.

Die Rammkernbohrung ist geeignet zur Entnahme von Proben aus Tonen und Schluffen. Bei Sanden und Kiesen sollte sie mit Hilfe einer Hülse oder einem Schlauch zur Aufnahme des Kerns (Schlauch-Kernbohrung) durchgeführt werden. Für Böden mit steinigen Einlagen und dicht gelagerten Böden ist sie ebenso wie für felsigen Untergrund nur sehr bedingt geeignet.

Bei der Untersuchung auf leichtflüchtige Schadstoffe ist dieses Verfahren aufgrund der deutlich geringeren Wärmeentwicklung der Rotations-Kernbohrung vorzuziehen, soweit dies die geologischen Bedingungen erlauben [7].

Im praktischen Einsatz von Rammkernbohrungen ergeben sich nach [5] folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

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

Nachteile:

- Der Bohrfortschritt nimmt mit zunehmender Festigkeit oder Lagerungsdichte des Bodens ab.
- Gleichzeitig wird das Bohrgut zunehmend erwärmt.
- Beim Auspressen des Bohrgutes aus der Schappe kommt es bei rolligen Böden zu Vermischungseffekten.
- Nicht ausreichend instruiertes Bohrpersoneal stellt bei abnehmendem Vortrieb oft zu schnell auf Naßverfahren um.
- Nicht geeignet für grobkörnige rollige Böden.

Zu d)

Die Hohlbohrschnecke (Durchmesser 80 - 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.

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

Tone, Schluffe, Sande und organische Böden geeignet, jedoch weniger für grobe Kiese, Steine und Blöcke. Sie können auch z.T. bei verwittertem Fels angewandt werden [5].

2.4.2. Trockenbohrungen ohne Kerngewinn

- a) Rotationsbohrung
- b) Schlagbohrung (Seilfreifallbohrung)
- c) Hammerbohrung (Lufthebeverfahren)
- d) Greiferbohrung

Zu a)

Zu der Rotationsbohrung 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 einem Durchmesser von 100 - 2.000 mm.

Der ITVA-Fachausschuss F 2 "Aufschlussverfahren" führt insbesondere beim praktischen Einsatz von Schneckenbohrungen folgende Vor- und Nachteile auf [5]:

Vorteile:

- Vor allem Schneckenbohrungen sind im Routineeinsatz schnell und relativ preisgünstig. Sie erlauben mit geringem Aufwand große Aufschlussdurchmesser zu erreichen, in denen auch großkalibrige Grundwassermessstellen oder Brunnen installiert werden können.
- In bindigen bis sandigen Böden sind bei sorgfältiger Ausführung (langsames Eindrehen entsprechend der Ganghöhe) Materialwechsel und Schichtengrenzen durchaus mit etwa dm-Genauigkeit festzulegen.
- Es sind große Probenmengen gewinnbar.

Nachteile:

- Ein DIN-gerechter Einsatz der Schneckenbohrtechnik mit maximaler Spiralenlänge von 0,5 m nimmt dem Verfahren einen Teil seiner Schnelligkeit.

- Die Verfahren sind im Grundwasserbereich nicht mehr für rollige Bodenarten geeignet, es treten Auswaschungs- und Entmischungseffekte auf.
- Es muss sehr sorgfältig gearbeitet werden, um Durchmischung von Probegut zu vermeiden; das erhöht den Überwachungsaufwand und neutralisiert den Kostenvorteil gegenüber anderen Verfahren.
- Im Routinebetrieb muss - zumindest in festeren Böden - mit genauen Schichtgrenzen und Vermischungseffekten im Probegut gerechnet werden, da im Verhältnis zur Eindringtiefe erfahrungsgemäß zu oft gedreht wird.
- In schwer bohrbaren Böden wird das Bohrgut deutlich erwärmt.
- Prinzipiell sollten zuverlässige Profile von Kernbohrungen als "Aufhänger" existieren.
- Bei großem Durchmesser können Mehrkosten durch Arbeitsschutz und Entsorgung von Bohrgut auftreten.

Zu b)

Bohrwerkzeuge für das Schlagbohren sind Ventilbohrer (Kreispumpe), Schlagschappe, Kreuzmeißel oder Backenmeißel. 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 - 1.000 mm.

Zu c)

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

Zu d)

Im Bereich der Altlasten-/Deponieerkundung ist die Greiferbohrung besonders hervorzuheben. Das Bohrwerkzeug besteht aus einem runden Baggergreifer, der an einem Stahlseil geöffnet in das meist verrohrte Bohrloch mit Durchmesser von 400 - 2.500 mm 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.

Folgende Vor- und Nachteile führt der ITVA-Fachausschuss "Aufschlussverfahren" für dieses Verfahren auf [5]:

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 stratigraphisch kaum nutzbar.
- Das Probengut ist stark durchmischt.
- Unter der Grundwasseroberfläche muss mit dem Auswaschen von Feinkorn gerechnet werden.
- Die u.U. geschmierten Gelenke des Greifers kommen mit dem Probengut in Kontakt.
- Im Deponiebereich entsteht hoher Aufwand für Arbeitsschutz und Entsorgung.

3 SCHÜRFE

3.1 Verfahren

Unter dem Begriff Schurf versteht man offene Gruben, Gräben oder Schächte [8], die oberhalb des Grundwasserspiegels entweder mit Handarbeit oder mit Hilfe eines Baggers gegraben werden. Der Schurf sollte, soweit möglich, begehbar sein. Von Hand sind Teufen bis ca. 2,5 m zu erzielen, mit dem Tieflöffel ausgestatteten Bagger können 4 - 5 m erreicht werden. Bei senkrechter Böschung muss zur Unfallverhütung der Schurf (begehbare) ab 1,25 m Teufe bei steifen bis halbfesten feinkörnigen Böden und erst ab 1,75 m Teufe bei Fels verbaut werden. Näheres regeln die DIN 4124 [9] und die Unfallverhütungsvorschriften der Tiefbau-Berufsgenossenschaft [10].

Alternativ zu dieser Sicherungsmaßnahme können geeignete oder treppenartig ausgebildete Böschungen hergestellt werden. Der Neigungswinkel richtet sich nach der Bodenart, den

vorhandenen Auflastungen, möglichen Erschütterungen und den Grundwasserverhältnissen. Ohne rechnerischen Einzelnachweis dürfen beispielsweise in nichtbindigen oder weichen bindigen Böden Böschungswinkel von 45 ° nicht überschritten werden.

3.2 Anwendungsbereich

Mit Hilfe von Schürfen ist es dem sachkundigen Probenehmer möglich, das natürlich oder künstlich anstehende Bodenmaterial vor Ort (in-situ) nach Inhalt und Lagerung anzusprechen,

Proben zu nehmen und einzumessen. Baggerschürfe erlauben zudem die Entnahme sowohl großer Probemengen für Einzel- und Mischproben als auch kiesige/steinige Materialien. Es können auch Beprobungen unter Erhaltung des Korngefüges und In-Situ-Versuche durchgeführt werden. Schadstoffherde oder Sickerwasseraustritte können sicher erkannt und organoleptisch bewertet werden. Bei Schürfen im Altablagerungskörper besteht die Gefahr des direkten Kontaktes mit festen, flüssigen und gasförmigen Schadstoffen. Für eine Begehung des Schurfes ist der Arbeitsschutz zu beachten, d.h. es sind strenge Sicherheitsvorkehrungen (Schutzkleidung und evtl. Atemmasken) zu beachten.

Kann eine Gefährdung im Schurf trotzdem nicht ausgeschlossen werden, so sollte auf die Begehung verzichtet und die Bodenprobenahme bzw. Bodenansprache "on-site", d.h. am zwischengelagerten Baggergut an der Erdoberfläche durchgeführt werden. Ein nicht begehbarer Schurf, aus dem die Proben mit dem Bagger entnommen werden, liefert jedoch sehr ungenau horizontierte Proben und kann lediglich für eine erste orientierende Erkundung eingesetzt werden.

Baggerschürfe sind da von Vorteil, wo starke Inhomogenität des Bodens das Niederbringen von Rammkernsondierungen erschweren oder gar unmöglich machen.

Bei gespanntem Grundwasser ist die Standsicherheit der Schurfböden durch plötzlichen Wasserzutritt gefährdet. Bodenproben können nur bis zur Grundwasseroberfläche genommen werden. Oxidations- und Entgasungseffekte sind stärker als in Bohrungen.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] DIN 4021: Blatt 1 Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
- [2] DIN 19671 - Bl. 2: Erdbohrgeräte für den Landeskulturbau, Flügelbohrer, Bohrschappe, Marschlöffel
- [3] DIN 19672 - Bl. 1: Bodenentnahme für den Landeskulturbau, Geräte zur Entnahme von Bodenproben in ungestörter Lagerung
- [4] ITVA-Fachausschuß FA - F": Entwurf der Arbeitshilfe "Aufschlußverfahren zur Proben-gewinnung für die Untersuchung von Verdachtsflächen und Altlasten", Altlasten-Spektrum 1/95
- [5] Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen: Probenahme bei Altlasten, Düsseldorf, 1991
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 115: Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser; Eschborn, 2001.
- [7] Fischer / Köchling: Praxisratgeber Altlastensanierung, Systematische Anleitung für eine erfolgreiche Sanierung belasteter Flächen, Teil 4, Stand Dezember 1994
- [8] A. Bente und H.J. Martini: Lehrbuch der angewandten Geologie, Bd. II - Geowissen-schaftliche Methoden; Stuttgart, 969
- [9] DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau, 1982
- [10] Unfallverhütungsvorschriften Bauarbeiten (VBG 37), München, 1985